



Universidade de Aveiro Departamento de Educação

Ano 2012

**Vanda Paula
Figueiredo Nereu**

**Divulgação Científica no Ensino do Nuclear
Aplicado ao 10.º ano**



Universidade de Aveiro Departamento de Educação

Ano 2012

**Vanda Paula
Figueiredo Nereu**

**Divulgação Científica no Ensino do Nuclear
Aplicado ao 10.º ano**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Didática, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Lucília Maria Pessoa Tavares dos Santos, Professora Associada do Departamento de Física da Universidade de Aveiro

Ao meu marido e filho pelo incansável apoio, compreensão e paciência

o júri

presidente

Doutora Nilza Maria Vilhena Nunes da Costa
Professora Catedrática da Universidade de Aveiro

Doutor José Paulo Cerdeira Cleto Cravino
Professor Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Doutora Lucília Maria Pessoa Tavares dos Santos
Professora Associada da Universidade de Aveiro

agradecimentos

À Professora Doutora Lucília Santos pelo acompanhamento prestado ao longo do percurso, pela orientação e sugestões pertinentes que tornaram possível esta investigação. Muito obrigada pela disponibilidade e incentivos constantes, mesmo em momentos de maior fragilidade e desânimo.

À minha amiga, Emília Batista, pelo encorajamento, estímulo e incentivo na realização do estudo. Um muito obrigado pela ajuda e confiança transmitida na concretização desta tarefa.

À minha família, pai e irmãs, em especial à Carla, pelo apoio e incentivo demonstrados ao longo deste trabalho.

À Elsa Machado, à Deolinda Mortágua e à Amália Rodrigues pela sua colaboração.

Aos meus alunos, que colaboraram diretamente no estudo e que provavelmente terão sofrido com alguma da minha ansiedade, e sem os quais o estudo não seria possível.

palavras-chave

Ensino do nuclear, Informação de Divulgação Científica, aprendizagem significativa, ensino secundário

resumo

Os fenómenos nucleares e a tecnologia a eles associados ocupam, cada vez mais, um “*lugar*” de destaque na sociedade atual, gerando questões de natureza sócio científica controversas. Compreender e conhecer os conceitos científicos associados à tecnologia nuclear é fundamental na promoção de uma cidadania consciente e informada. Assim, a escola e a educação formal dos alunos constituem um meio privilegiado para a formação de cidadãos cientificamente literatos.

Neste contexto, é nossa intenção neste estudo averiguar as ideias informais dos alunos, as suas conceções no domínio do nuclear e avaliar as potencialidades pedagógicas decorrentes da utilização de documentos de Informação de Divulgação Científica (IDC) no estudo dos conceitos associados à área científica do nuclear. Procuramos também, com base na informação apresentada, estudar o impacto desta metodologia na compreensão e discussão de situações do quotidiano no domínio científico.

Esta abordagem de ensino foi aplicada numa turma do 10º ano do curso de Ciências e Tecnologias, tratando-se de um estudo predominantemente qualitativo. Foram usados vários instrumentos de recolha de dados: teste diagnóstico, usado num contexto de pré e pós teste, para averiguar as conceções dos alunos; questionário de opinião, sobre a eficácia e a adesão da metodologia implementada; realização de um debate, com a interpretação de papéis, em torno da questão da tecnologia nuclear.

Da análise dos dados recolhidos pode-se concluir que a utilização de documentos de IDC na aprendizagem conceptual do nuclear se revelou positiva, pois permitiu estabelecer relações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, potenciando a discussão em torno de questões de natureza sócio científica controversas.

Não obstante as limitações inerentes ao estudo apresentado, como por exemplo o número de participantes envolvidos, o estudo afigura-se como um contributo positivo e pertinente na identificação de algumas conceções dos alunos no domínio do nuclear, na discussão de temas complexos e controversos usando documentos de IDC.

keywords

Teaching the chemistry, Information from Scientific Divulcation (ISD), significant learning, secondary level

abstract

Nuclear phenomena and the technology with which they are associated have taken more than ever a relevant place in the current society, bringing about controversially social and scientific issues. Understanding and knowing the scientific concepts connected with nuclear technology has become fundamental in promoting a conscious and well-informed citizenship. Accordingly, school, and students' formal education, is undeniably a privileged means for the promotion of scientific literacy among citizens.

In this context, it is our intention in this dissertation to evaluate students' informal ideas and their conceptions about the nuclear scientific area assessing the pedagogical potentialities resulting from the use of Information from Scientific Divulcation (ISD) documents in the study of concepts related with nuclear subjects. Based on the presented information we have also sought to assess the impact of this methodology in the understanding and discussion of daily situations as far as the nuclear scientific area is concerned.

This teaching approach was applied to a 10th grade class from the Science and Technology Course, from a mainly qualitative perspective. Several collecting data tools were used, such as: a diagnostic test, used as a pre and post activity, in order to find out students' conceptions-, opinion questionnaires - on the effectiveness and level of acceptance over the implemented methodology - and the carrying out of a debate whereby students were assigned roles around the question of nuclear energy and technology.

From the analysis of collected data one can conclude that the use of ISD documents in the conceptual learning of nuclear science has revealed itself positive since it has allowed us to establish relationships between Science, Technology and Society, fostering the discussion on controversially social and scientific questions.

Regardless of the limitations underlying this study, namely the number of participants involved, this investigation has contributed to identifying students' conceptions in the nuclear field, leading to the discussion of complex and controversial topics based upon ISD documents.

Índice

Índice	xv
Índice de quadros	xvii
Índice de tabelas	xviii
Índice de gráficos	xix
Capítulo 1	1
CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DO ESTUDO	1
1. Estrutura geral da dissertação.....	3
1.1. Introdução	4
1.2. Aprendizagem da Física e da Química Nuclear no Ensino Secundário.....	4
1.3. Importância do Estudo	9
1.4. Finalidades e Objetivos	11
1.5. A Química nuclear no programa de Física e Química A do 10º ano	12
Capítulo 2	15
ENQUADRAMENTO TEÓRICO	15
2.1. Introdução	17
2.2. Educação em Ciência e a Educação para a Cidadania	17
2.2.1. Educação em Ciência.....	17
2.2.2. Discussão em torno de questões sócio científicas e a Informação de Divulgação Científica.....	22
2.3. Paradigma da aprendizagem significativa e o ensino das ciências	24
2.3.1. Teoria da Aprendizagem significativa.....	25
2.3.2. Concepções alternativas no ensino das ciências	29
Capítulo 3	35
METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	35

3.1. Introdução	37
3.2. Natureza do Estudo	37
3.3. Caracterização dos alunos participantes no estudo	40
3.4. Instrumentos de Recolha de Dados	41
3.4.1. Teste diagnóstico	42
3.4.2. Questionário de Opinião	45
3.5. Desenvolvimento do Estudo	46
3.5.1. Aplicação dos documentos de IDC como elementos de intervenção no estudo...	46
3.5.2. Questões sócio científicas em debate.....	50
3.6. Métodos de Análise de Dados	53
3.6.1. Análise das Informações Recolhidas no Teste Diagnóstico	53
3.6.2. Questionário de Opinião	55
Capítulo 4	57
APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
4.1. Introdução	59
4.2. Análise dos Resultados do Teste Diagnóstico	59
4.3. Análise dos resultados das questões de avaliação formal	87
4.4. Análise dos Resultados do debate sobre questões sócio científicas.....	88
4.5. Análise dos Resultados do Questionário de Opinião	91
4.5.1. Opinião sobre o método de ensino e sua eficácia	91
4.5.2. Opinião sobre atividades desenvolvidas na aula.....	94
4.5.3. Apreciação Global das Aulas.....	98
Capítulo 5	103
CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES DO ESTUDO	103
5.1. Introdução	105
5.2. Principais Conclusões	105

5.3. Implicação do estudo.....	111
5.4. Limitações do Estudo.....	112
5.5. Sugestões para futuras investigações	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
Bibliografia	117
ANEXOS.....	125
ANEXO A - Teste Diagnóstico	127
ANEXO B – Questionário de Opinião	133
ANEXO C – Documentos de IDC	139
ANEXO D - Debate	155
ANEXO E - Grelha de Avaliação do Debate	159
ANEXO F – Questões da avaliação formal	161
ANEXO G - Outros documentos aplicados nas aulas.....	165
1)Apresentação: reações nucleares	166
2) Apresentação para preparação para o debate.....	169

Índice de quadros

<i>Quadro 1- Instrumentos de recolha de dados aplicados ao estudo</i>	<i>41</i>
<i>Quadro 2 - Finalidades do teste diagnóstico</i>	<i>43</i>
<i>Quadro 3 - Objetivos contemplados no teste diagnóstico.....</i>	<i>44</i>
<i>Quadro 4 - Atividades desenvolvidas</i>	<i>48</i>
<i>Quadro 5 - Documentos de IDC implementados no estudo (Anexo C).....</i>	<i>49</i>
<i>Quadro 6 - Atividade desenvolvida na terceira etapa.....</i>	<i>52</i>
<i>Quadro 7 - Excertos do debate sobre energia nuclear</i>	<i>89</i>

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – Distribuição das respostas à questão 2 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 2 - Distribuição das respostas à questão 3 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 3 - Distribuição das respostas à questão 4 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 4 - Distribuição das justificações à questão 4 por número de alunos do teste diagnóstico.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 5 - Distribuição das respostas às questões 5 e 6 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 6 - Distribuição das respostas das questões 7 e 9 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 7 - Argumentos relativos à instalação de uma central nuclear em Portugal.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabela 8 - Distribuição das justificações da questão 11 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabela 9 - Distribuição das respostas à questão 12 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabela 10 - Distribuição das justificações à questão 13 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabela 11 - Distribuição das respostas à questão 14 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 12 - Distribuição das respostas à questão 15 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabela 13 - Distribuição das respostas à questão 16 do teste diagnóstico por número de alunos.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabela 14 - Dificuldades manifestadas pelos alunos</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 15 - Opinião sobre as atividades desenvolvidas</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 16 - Contribuição do estudo para a aprendizagem do tema energia nuclear.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabela 17 - Avaliação global das aulas.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabela 18 - Avaliação global das aulas.....</i>	<i>100</i>

Índice de Gráficos

<i>Gráfico 1 - Distribuição da frequência das respostas à questão 2</i>	<i>61</i>
<i>Gráfico 2 - Distribuição da frequência das respostas à questão 3</i>	<i>65</i>
<i>Gráfico 3 - Distribuição da frequência das respostas à questão 4</i>	<i>66</i>
<i>Gráfico 4 - Distribuição da frequência das respostas às questões 5 e 6</i>	<i>70</i>
<i>Gráfico 5 - Distribuição da frequência das respostas às questões 7 e 9</i>	<i>72</i>
<i>Gráfico 6 - Distribuição da frequência das respostas à questão 8</i>	<i>73</i>
<i>Gráfico 7 - Distribuição das respostas relativas à instalação de uma central nuclear em Portugal</i>	<i>74</i>
<i>Gráfico 8 - Distribuição da frequência das respostas à questão 11</i>	<i>77</i>
<i>Gráfico 9 - Distribuição da frequência das respostas à questão 12</i>	<i>79</i>
<i>Gráfico 10 - Distribuição da frequência das respostas à questão 13</i>	<i>80</i>
<i>Gráfico 11 - Distribuição da frequência das respostas à questão 15</i>	<i>84</i>
<i>Gráfico 12 - Distribuição da frequência das respostas relativas à diferença entre reações químicas e nucleares na avaliação formal</i>	<i>87</i>
<i>Gráfico 13 - Distribuição da frequência das repostas relativas à diferença entre reações de fissão e fusão nuclear na avaliação formal</i>	<i>88</i>
<i>Gráfico 14 - Distribuição das respostas relativas ao método de ensino</i>	<i>92</i>
<i>Gráfico 15 - Atividades desenvolvidas nas aulas</i>	<i>93</i>
<i>Gráfico 16 - Distribuição das respostas à questão 3 teste de opinião</i>	<i>94</i>
<i>Gráfico 17 - Opinião sobre as atividades desenvolvidas</i>	<i>96</i>
<i>Gráfico 18 - Contribuição do estudo para a aprendizagem do tema energia nuclear</i>	<i>97</i>



Capítulo 1

CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DO ESTUDO



1. Estrutura geral da dissertação

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos. No primeiro fazemos uma contextualização e apresentação da investigação efetuada. Para o efeito, referimos a importância da aprendizagem da Física e Química Nuclear no ensino secundário, seguindo-se a importância do estudo no atual currículo nacional de Física e Química no Ensino Secundário. Passamos, posteriormente, à apresentação da questão e objetivos de investigação. Por último, fazemos o enquadramento da investigação no programa curricular de Física e Química para o 10º ano.

O enquadramento teórico é feito no capítulo dois, onde se desenvolvem as seguintes temáticas:

- Educação em Ciência e Educação para a Cidadania – onde nos focamos nos tópicos educação em ciência, no paradigma da discussão de questões sócio científicas e a divulgação científica;
- Paradigma da aprendizagem significativa e as conceções alternativas no ensino das ciências.

No terceiro capítulo procedemos à caracterização e abordagem da metodologia de ensino implementada, descrevendo e apresentando as estratégias de ensino e de aprendizagem, bem como à prossecução relativamente aos materiais de apoio que utilizamos na turma. Procedemos, também, à caracterização dos intervenientes no estudo, justificamos a seleção das técnicas de recolha de dados e respetiva caracterização dos instrumentos usados e do tratamento de dados.

O capítulo quatro, é, por sua vez, dedicado à apresentação e análise dos dados obtidos a partir dos diferentes instrumentos, com os quais pretendemos avaliar os resultados da experiência realizada. Fazemos referência os dados obtidos no teste diagnóstico, no questionário de opinião, na avaliação formativa e no debate realizado com os alunos.

Finalmente, no capítulo cinco, são retiradas as principais conclusões do estudo, explicitadas as suas implicações e as limitações do estudo.

Terminamos a dissertação com a apresentação da bibliografia e anexos.



1.1. Introdução

Este primeiro capítulo é constituído por cinco secções. Na primeira secção (1.2) é feita uma breve apresentação da importância da aprendizagem da Física e Química Nuclear na sociedade contemporânea. Apresentam-se algumas considerações relativas a concepções dos alunos, no início do ensino secundário, sobre os fenómenos nucleares e a utilização de documentos de informação de divulgação científica como metodologia de aprendizagem desses conceitos. Seguidamente apresenta-se a importância deste estudo (1.3) no conhecimento das concepções dos alunos no início do ensino secundário (alunos do 10º ano do curso de Ciências e Tecnologias) sobre os fenómenos nucleares. Posteriormente procede-se, na secção (1.4), à apresentação da questão de investigação e objetivos do estudo. E, finalmente, procede-se ao enquadramento deste estudo no programa da disciplina de Física e Química do 10º ano (1.5).

1.2. Aprendizagem da Física e da Química Nuclear no Ensino Secundário

A Física do século XX caracterizou-se por um grande progresso tanto do ponto de vista do conhecimento como ao nível da tecnologia. Foi o século da mecânica quântica, da energia nuclear, dos aceleradores de partículas e de múltiplos dispositivos que revolucionaram a vida dos cidadãos nas sociedades modernas (Llebot *in* Caamaño, 2011). A Ciência, na sua evolução, leva a novas descobertas, novas teorias, novas aplicações tecnológicas e são estas que despertam maior curiosidade científica nos alunos, porque normalmente são mais divulgadas nos meios de comunicação ou a sua aplicação é mais controversa.

Um dos temas que suscita maior controvérsia é a energia nuclear (Alsop & Watts, 1997; Campbell, 2003; García-Carmona & Criado, 2008). Os motivos da controvérsia relacionam-se com a proliferação de projetos nucleares com fins militares por parte de alguns países, os riscos na produção e controlo de centrais nucleares e o impacto ambiental causado pelos resíduos nucleares (Carmona & Criado, 2008). Por outro lado, ainda estão presentes na memória da humanidade a destruição e morte causados pelas bombas atómicas de Hiroxima e Nagasaki (1945), ou os efeitos ambientais e sociais causados pelos



acidentes de Chernobyl (1986), e mais recentemente, em Fukushima (2011). Contudo, têm surgido movimentos favoráveis à construção de novas centrais nucleares justificados pelo elevado preço do petróleo, diminuição das reservas de petróleo e outros combustíveis fósseis, problemas ambientais gerados na sua combustão aumentando a concentração de gases com efeito de estufa e contribuindo para o aquecimento global, mas também por problemas ambientais devido ao seu transporte terrestre e marítimo. Por outro lado, a tecnologia nuclear está presente em áreas tão diversas como medicina nuclear, diagnóstico e tratamento médico, produção de energia elétrica, datação radioativa em Geologia e Arqueologia, esterilização de alimentos, aplicações na indústria aeronáutica, entre outras. Todavia, quando se fala de radiação, normalmente, o foco centra-se nas fontes de radiação artificiais, como centrais nucleares ou armamento nuclear.

Com efeito, a tecnologia nuclear tem vindo a ganhar um lugar de destaque na opinião pública por estar relacionada com questões ambientais e éticas relevantes, envolvendo, em muitos casos, aspetos políticos e económicos.

No entanto, este incremento na utilização da tecnologia nuclear nas sociedades modernas nem sempre foi acompanhado por uma informação/formação adequada dos cidadãos (Lima, 2007), resultando num enorme desconhecimento das suas potencialidades e muitas conceções cientificamente incorretas e, por vezes, alarmistas, transmitidas pela comunicação social. Em geral, dentro e fora do sistema formal, as ideias presentes provocam opiniões negativas sobre o uso da energia nuclear (Gutiérrez et al., 2000). Os alunos, como parte integrante da comunidade, levam essas representações para a sala de aula, “*resultantes de experiências de vida (...) mais ou menos partilhadas socialmente*, (Santos, 1998, p. 149). A tecnologia nuclear, como muitas outras, apresenta aspetos positivos e negativos. É fundamental conhecê-la melhor para se poder tomar posições fundamentadas (Lima, 2007). A sua relevância só pode ser realmente compreendida pela sociedade quando o conhecimento deixar de ser restrito a pequenos grupos de pesquisa e passar a circular e a ser discutido dentro e fora da escola, (Martins, 2010). Uma das soluções passa pela discussão e debate de temas controversos em sala de aula, possibilitando, assim, confrontar as explicações científicas dos fenómenos com as do senso comum, além do envolvimento dos alunos no seu processo de aprendizagem, pois a educação formal constitui um meio privilegiado de propagação de conhecimento científico e tecnológico (García-Carmona & Criado, 2010).



É, então, necessário proporcionar aos alunos situações de aprendizagem que lhes permitam obter um conjunto de conhecimentos apropriados sobre os fenómenos nucleares, de forma a poderem tomar decisões fundamentadas sobre as suas potencialidades e riscos nas sociedades modernas.

Apesar do tema relativo aos fenómenos nucleares se ter tornado relevante no mundo moderno, ainda é pouco explorado e discutido nas nossas escolas. A escola e a educação formal dos alunos constituem um meio privilegiado para a propagação do conhecimento científico e tecnológico para a formação de cidadãos cientificamente cultos e participativos numa sociedade democrática. Numa época de constantes mudanças científicas e tecnológicas, é essencial a escola do século XXI adaptar-se a essas transformações e formar cidadãos participativos, cientificamente informados e possuidores de instrumentos que lhes permitam analisar o mundo de forma crítica e fundamentada (Galvão et al., 2011). Tal como é indicado no programa curricular de Física e Química para o Ensino Secundário, (DES, 2001, p.5): *“a educação pela Ciência tem como meta a dimensão formativa e cultural do aluno através da Ciência, revalorizando objetivos de formação pessoal e social (educação do consumidor, impacte das atividades humanas no ambiente, rigor e honestidade na ponderação de argumentos...)”*.

O conhecimento científico possibilita uma abordagem mais universal, já que se apoia em teorias gerais fazendo com que a discussão de conflitos existentes na relação Ciência e Tecnologia incorpore situações do quotidiano dos alunos. Além disso, a aquisição de conhecimentos em Ciência e Tecnologia na educação formal permite a rutura com o senso comum dos alunos, possibilitando um conhecimento estruturado e ligado às discussões epistemológicas atuais (Sorpreso, 2008).

Neste contexto, a educação em Física e em Química, como ciências estruturantes do conhecimento científico, deve ajudar os alunos a compreender os fenómenos naturais, a lidar de forma informada com assuntos sociais e tecnológicos, de modo que, como cidadãos, possam atuar de forma esclarecida e fundamentada numa sociedade democrática.

Num período de grande progresso científico e tecnológico, a escola não pode ignorar esse processo e deve, no mínimo, discuti-lo e oferecer meios para a alfabetização científica e tecnológica, no sentido de contribuir para o desenvolvimento e a inserção do aluno na sociedade. Ora, os alunos (con)vivem, de uma forma ou de outra, com informações veiculadas pelos meios de comunicação, com a tecnologia informática, jornais, revistas,



etc. Todos esses meios podem constituir um subsídio não só para a alfabetização científica, mas também para o ensino formal. Neste contexto, consideramos que a utilização de Informação de Divulgação Científica (IDC) no ensino da Física e da Química Nuclear, poderá constituir um meio de aprendizagem, por permitir orientar as práticas pedagógicas para um ensino conceptual contextualizado, estabelecendo uma relação entre os conteúdos programáticos e as vivências dos alunos trazidas para a sala de aula, tornando todo o processo de aprendizagem mais motivador e participativo.

A ligação da ciência a contextos do dia-a-dia facilita a compreensão das ideias científicas e poderá servir como foco motivador das aprendizagens. Ao professor cabe o papel de gerir opções metodológicas apropriadas, de forma a tornar os processos de ensino e de aprendizagem eficazes e motivadores, tendo em vista os objetivos de ensino, os alunos e os assuntos a tratar (Lima, 2007).

A opção por contextos reais, discutindo problemas atuais, muitos deles geradores de controvérsias, e onde o conhecimento científico surja como necessidade para alcançar respostas a algumas dessas questões poderá ser estimulante para a procura de mais conhecimento nesse domínio (DES, 2001).

A utilização de situações-problema, partindo de documentos IDC, cuja resolução implique atitudes de reflexão e questionamento poderá, promover uma articulação entre o conhecimento conceptual e processual, através do estabelecimento de relações entre as atividades desenvolvidas e os fenómenos do quotidiano. A análise e exploração, em contexto de sala de aula, de textos e documentos informativos (em qualquer suporte) podem desencadear aprendizagens através da discussão de temas controversos e processos de motivação enriquecedores na compreensão das interações entre o conhecimento científico, a tecnologia e a sociedade.

De acordo com Lima (2007, p.113), na abordagem de tópicos relacionados com radiação nuclear e energia nuclear, *“o professor deverá explorar situações reais, fazendo uso da experiência e do conhecimento dos alunos no seu quotidiano artigos de jornais e revistas relativos a estes assuntos são uma potencial fonte de informação.”*

Sendo que o ensino dos conceitos associados à tecnologia nuclear, com recurso a documentos de IDC, permite o levantamento de questões e a discussão dessas questões, promovendo o pensamento crítico e reflexivo sobre a ciência e tecnologia (Rosa, 2002).



Desta forma, documentos de IDC podem constituir uma alternativa, no sentido de modificar práticas pedagógicas tradicionais, normalmente baseadas no manual escolar e centradas na exposição teórica do professor. Para Sebarroja (2001, p. 88), o manual escolar:

- *“Não responde às necessidades dos alunos (...) e impede o desenvolvimento da sua autonomia e criatividade.*
- *Transmite unicamente a visão e o conhecimento oficial*
- *Transmite uma cultura homogeneizada que não se adapta aos diferentes contextos socioculturais.”*

Por outro lado, a utilização de artigos de revistas de divulgação científica, visualização de documentários, consulta de fontes multimédia, discussão de informações veiculadas em órgãos de comunicação social, entre outros meios, permitem uma participação ativa e a compreensão dos fenómenos em estudo (Sebarroja, 2001). A utilização de documentos de IDC em ambientes de educação formal pode favorecer a introdução de novas orientações para o ensino e a aprendizagem de ciência em geral e da Física e Química em particular, proporcionando ao aluno o contacto com diferentes linguagens e discursos, constituindo, assim, uma mais-valia para a formação de leitores críticos (Sebarroja, 2001). Uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), contemplada nos currículos atuais do ensino de Física e da Química, constitui um meio pedagógico no estabelecimento de relações entre os conteúdos programáticos e situações do quotidiano dos alunos (Lima, 2007).

A tecnologia nuclear envolve conceitos complexos e abstratos, como por exemplo a estabilidade nuclear, emissões radioativas, núcleos atómicos e reações nucleares. Temas abrangentes e de difícil concretização experimental em sala de aula, levando muitas vezes à memorização dos conceitos sem compreensão dos mesmos (Macedo, 2007). Além disso, no ensino básico, esses assuntos, por não fazerem parte do programa curricular, raramente são abordados e discutidos, de forma a permitir aos alunos conhecimentos científicos apropriados. O resultado é um enorme desconhecimento sobre tecnologia nuclear e, como referido anteriormente, o adquirir de concepções, normalmente erradas e, muitas vezes,



alarmistas, transmitidas pelos meios de comunicação social, que os alunos transportam para a sala de aula.

Com efeito, cada aluno é portador de um conjunto de saberes e ideias informais que decorre da sua interação com a sociedade, da sua experiência vivencial e da apropriação de conhecimentos resultantes do contato direto ou indireto com outros indivíduos do meio, Lopes (2004). Ora, isto significa que os alunos possuem conhecimentos sobre muitos domínios que as aprendizagens formais englobam afetando a sua interpretação de fenómenos do quotidiano, (Martins et al., 2007) e podendo constituir, ou vir a constituir, concepções alternativas ou pré-concepções que, pela sua divergência ou afastamento dos conceitos cientificamente aceites, funcionam como obstáculos epistemológicos à construção de novos conhecimentos (Martins et al., 2007). Ao professor cabe a tarefa de criar, proporcionar e estimular o ambiente educativo, fornecendo aos seus alunos situações inovadoras e contextualizadas que integrem simultaneamente, na sala de aula ou fora dela, meios que facilitem quer a comunicação, quer a aprendizagem conceptual dos temas em estudo. Assim, pretende-se uma concepção menos tradicionalista do ensino da Física e da Química, menos próxima de ideias empiristas da ciência, efetuando uma abordagem contextualizada dos conteúdos científicos.

Pelo que foi anteriormente referido, pretende-se com este estudo avaliar as possibilidades pedagógico-didáticas da utilização de documentos de Informação de Divulgação Científica (IDC) na aprendizagem de conceitos relativos aos fenómenos nucleares, em alunos do ensino secundário, tendo-se, para tal, implementado o estudo numa turma do 10.º ano de escolaridade.

1.3. Importância do Estudo

Com a revisão curricular do ensino secundário, que entrou em vigor no ano letivo 2003/2004, a formação específica tem como intenção a consolidação de saberes no domínio científico que confira competências de cidadania, que promova a igualdade de oportunidades e que desenvolva em cada aluno um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional (DES, 2001), sendo definidas como finalidades gerais da disciplina de Física e Química:



- Compreensão da cultura científica como componente integrante da cultura atual;
- Capacidade de ponderar argumentos sobre assuntos científicos socialmente controversos;
- Desenvolver capacidades e atitudes fundamentais, estruturantes do ser humano, que lhes permitam ser cidadãos críticos e intervenientes na sociedade;
- Preparar para a compreensão, no futuro, do desenvolvimento científico e tecnológico, em particular o veiculado pela comunicação social.

No presente trabalho pretendemos avaliar as concepções dos alunos no início do ensino secundário, nomeadamente do 10.º ano, no domínio do nuclear: reações envolvidas, fenómenos radioativos, potencialidades e riscos desta tecnologia. Estudos realizados a alunos dos ensinos básicos, secundário e superior mostram que estes têm a ideia que as radiações nucleares são algo perigosas e criadas pelo Homem (Rêgo, 2004), fazem uma associação conceptual entre energia nuclear e perigo de contaminação e desconhecem quais os tipos de reações nucleares que ocorrem nas centrais ou nas estrelas (Gutiérrez et al., 2000). Os fenómenos nucleares e a tecnologia a eles associada ocupam, cada vez mais, um “lugar” de destaque na sociedade atual e na opinião pública, quer pelas vertentes política, económica e científica, quer por estarem associados a alguns acontecimentos mundiais marcadamente negativos, como o armamento militar e acidentes em centrais nucleares.

Para Chang, R. (1994, p. 1014), “... a *Química Nuclear* é frequentemente objecto de notícia. Para além das aplicações no fabrico de bombas atómicas, bombas de hidrogénio e bomba de neutrões, até a sua utilização mais pacífica se tornou controversa, como ficou evidenciado pelos acidentes nas instalações nucleares de *Three Mile Island* e *Chernobyl*.”

Neste contexto, é fundamental que os alunos conheçam e compreendam os conceitos associados aos fenómenos nucleares e, assim, os possam discutir e assimilar de forma cientificamente correta. Consideramos que a utilização de documentos de IDC no ensino dos fenómenos nucleares em alunos do ensino secundário poderá:

- desenvolver uma atitude crítica nos alunos;
- permitir a discussão de questões controversas;
- contextualizar as aprendizagens;



- motivar as aprendizagens;
- desenvolver competências de comunicação

A ligação da ciência a situações reais e a contextualização dos temas não só motivam os alunos como facilitam a sua compreensão, a interpretação de muitas ideias científicas e a aplicação dos conhecimentos adquiridos noutras situações (Lima, 2007). Para além disso, a apresentação de situações-problema contextualizadas poderá permitir o desenvolvimento de competências cognitivas complexas, bem como competências sociais e de comunicação, e mobilizar a curiosidade dos alunos relativamente aos temas em análise. Assim, pretendemos compreender em que medida a promoção de certas situações de aprendizagem facilitam o desenvolvimento dessas competências, nomeadamente, a capacidade de discussão e argumentação através da representação de papéis (Galvão et al., 2011) em perspetiva com a educação em ciência.

1.4. Finalidades e Objetivos

Em conformidade com o que foi referido anteriormente, e atendendo às finalidades dos programas curriculares do Ensino Secundário para as áreas disciplinares de Física e Química do curso de Ciências e Tecnologias, é cada mais importante experimentar e avaliar estratégias de ensino motivadoras e facilitadoras das aprendizagens, que fomentem uma atitude construtiva e participativa e permitam desenvolver competências de cidadania na sociedade contemporânea.

Desta forma, esta investigação tem como finalidade estudar o efeito da implementação de uma metodologia de ensino baseada na aprendizagem por problemas com recurso à utilização de documentos de IDC, procurando dar resposta à seguinte questão de investigação:

Em que medida a utilização de documentos de Informação de Divulgação Científica (IDC) pode potenciar a aprendizagem e discussão dos conceitos de Física e Química Nuclear, em alunos do Ensino Secundário?



Para dar resposta a esta questão de investigação foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Averiguar as ideias informais (pré-concepções) dos alunos no domínio do nuclear;
- Avaliar o efeito de uma metodologia de ensino baseada na utilização de documentos de Informação de Divulgação Científica (IDC) na aprendizagem conceptual dos alunos na área do nuclear;
- Estudar o impacto da utilização de uma metodologia baseada na utilização de IDC na compreensão e discussão de situações do quotidiano no domínio do nuclear.

1.5. A Química nuclear no programa de Física e Química A do 10º ano

Na formação científica dos cidadãos em sociedades de cariz científicas e tecnológicas é cada vez mais aceite a ideia de que deve incluir três componentes: a educação **em** Ciência, a educação **sobre** Ciência e a educação **pela** Ciência. O primeiro caso está relacionado com a dimensão conceptual do currículo, o conhecimento em si mesmo de conceitos, leis, princípios e teorias. A educação sobre Ciência tem como objeto de estudo a natureza da própria ciência, ou seja, os aspetos meta científicos. A educação pela Ciência tem como finalidade uma dimensão formativa e cultural do aluno através da Ciência, revalorizando objetivos de formação pessoal e social (educação do consumidor, impacte das atividades humanas no ambiente, ponderação de argumentos...) (DES, 2001). Desta forma, o quadro curricular desenhado para o ensino das ciências no ensino secundário tem como objetivo a educação dos jovens para o exercício de uma cidadania democrática. Nesse quadro curricular do ensino das ciências insere-se a disciplina de Física e Química, na componente de formação específica, cujas orientações programáticas apontam para a compreensão da Ciência e da Tecnologia e das relações que uma tem com a outra na Sociedade e, ainda, do modo como os acontecimentos sociais se repercutem nos próprios objetos de estudo da Ciência e Tecnologia (DES, 2001). Pretende um tipo de ensino que privilegie “o



crescimento dos alunos e não como um espaço curricular onde se “empacotam”¹ conhecimentos exclusivamente do domínio cognitivo, com pouca ou nenhuma ligação à sociedade”, DES (2001, p. 4). Neste sentido, privilegia-se um ensino orientado numa perspetiva de Ciência-Tecnologia-Sociedade e Ambiente (CTS-A), partindo de situações-problema do quotidiano dos alunos, de forma a desenvolverem-se estratégias de aprendizagem que promovam a consolidação de conceitos e saberes sobre fenómenos naturais ou provocados, ferramentas importantes para a sua interpretação do mundo atual.

Visão Geral do Programa de Química para o 10.º ano

O programa de Química do 10º ano está estruturado em duas unidades temáticas:

- **Unidade 1** – Das Estrelas ao Átomo
- **Unidade 2** – Na Atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura

Para aplicação deste estudo foi escolhida a sequência de conteúdos curriculares de química nuclear referente ao processo de formação dos elementos químicos nas estrelas. Esta sequência didática está inserida na unidade 1 e na subunidade 1.1 – “**Arquitetura do Universo**”, onde são abordados os temas:

- Reações de fissão e fusão nuclear (distinção com reações químicas)
- Síntese nuclear dos elementos químicos
- Aplicações dos fenómenos nucleares em diferentes situações e áreas do quotidiano.

De acordo com o programa curricular de Física e Química A, “*não se pretende um nível de especialização muito aprofundado*” DES (2001, p. 9), na abordagem dos conteúdos a lecionar, mas procura-se que os alunos alcancem bases de conhecimentos que lhes permitam compreender e interpretar algumas situações do seu quotidiano (DES, 2001), nomeadamente, referentes aos fenómenos nucleares.

¹ Aspas do original



Organização do Tema ao longo da Unidade

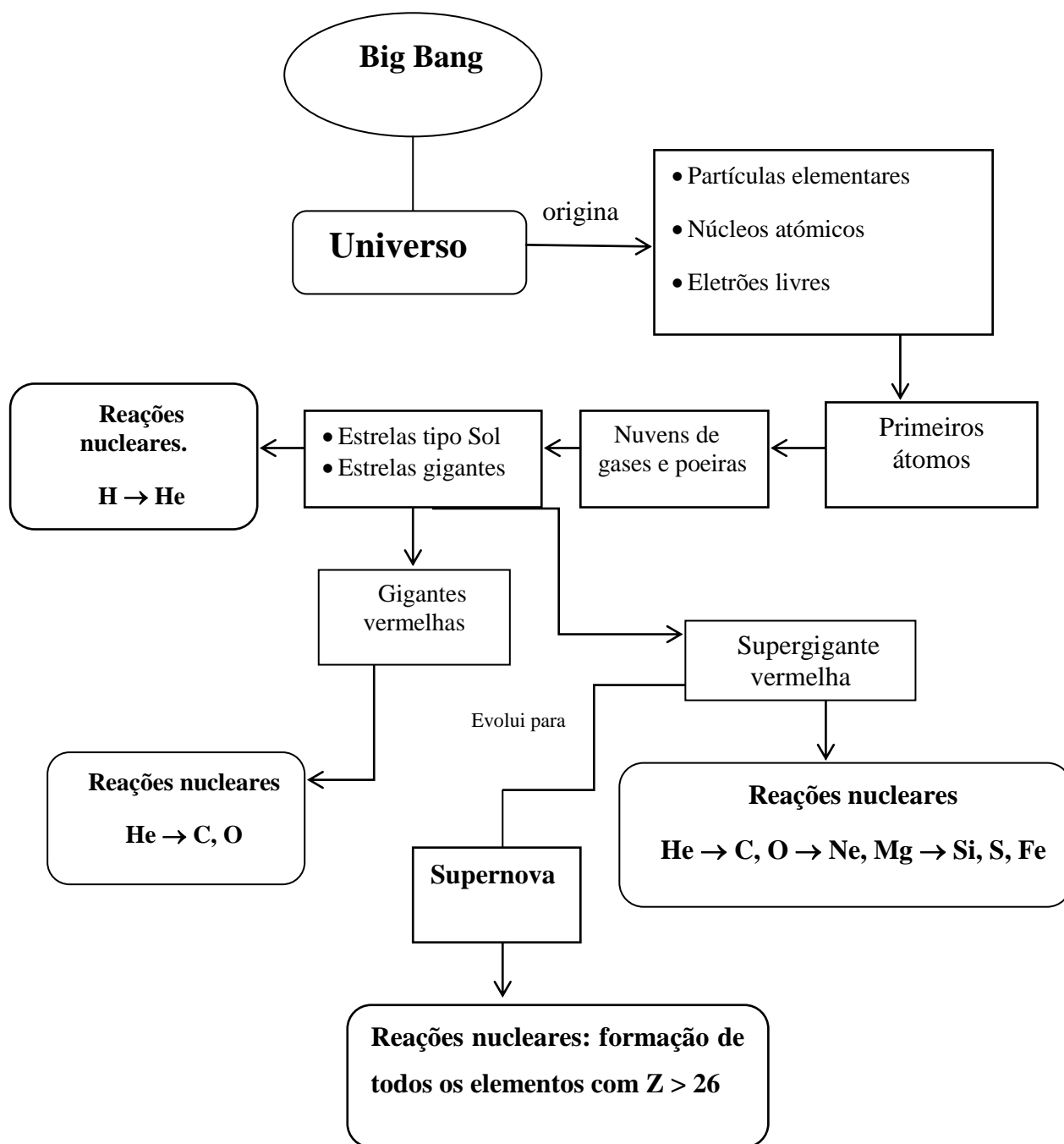


Figura 1 – Enquadramento dos conteúdos de química nuclear no programa de Física e Química A do 10º ano, adaptado do programa curricular do 10.º ano (DES, 2001)



Capítulo 2

ENQUADRAMENTO TEÓRICO



2.1. Introdução

Este capítulo é constituído por duas secções, na primeira fazemos referência à importância da educação em ciência e da educação para a cidadania (2.2), salientando na primeira (2.2.1) a Educação em Ciência e a importância da discussão das questões sócio científicas no ensino das ciências associada à utilização de documentos de IDC (2.2.2).

Na segunda secção (2.3), fazemos referência ao paradigma da aprendizagem significativa, focando-nos na teoria da aprendizagem significativa (2.3.1) e nas conceções alternativas no ensino das ciências (2.3.2).

2.2. Educação em Ciência e a Educação para a Cidadania

2.2.1. Educação em Ciência

Nas últimas décadas a perceção pública da ciência e da tecnologia sofreu profunda alteração. A ciência deixou de ser uma atividade confinada aos laboratórios e centros de pesquisa, acessível apenas a uma pequena elite (Ward et al., 2010; Parisi, 1986), para estar presente nos mais diversos domínios das sociedades modernas (Rebelo, 2010).

Os desenvolvimentos científicos e tecnológicos nas áreas da medicina, da eletrónica, da biologia, da indústria alimentar ou políticas energéticas têm, por um lado, alterado a forma como nos relacionamos com a ciência e a tecnologia, por outro lado, proporcionado mudanças em termos sociais, éticos, económicos e políticos. As inovações científicas e tecnológicas chegam aos cidadãos a uma velocidade vertiginosa, alterando muitos dos comportamentos e padrões sociais estabelecidos. O desenvolvimento das tecnologias de informação promove a circulação, quase instantânea, de ideias, informações, produtos e serviços, conduzindo a uma generalização de tendências e hábitos, repercutindo-se numa homogeneização cada vez maior e mais universal que se reflete em mudanças de identidades pessoais e sociais (Rebelo, 2008).

Numa sociedade altamente competitiva e numa economia global, os cidadãos são, cada vez mais, confrontados com a necessidade de tomar decisões cientificamente conscientes e esclarecidas (Ward et al., 2010), o que exige “*indivíduos com educação abrangente em*



diversas áreas, que demonstrem flexibilidade, capacidade de comunicação e uma capacidade de aprender ao longo da vida” (DEB, 2001a, p. 129). Além disso, *“um público informado tem a capacidade de tomar decisões pensadas e agir responsabilmente”* (Aikenhead, 2009, p. 20).

Neste sentido, para vencer na economia global, os países desenvolvidos necessitam de sistemas educativos que formem cientistas e técnicos qualificados, que serão os especialistas do futuro. Mas, simultaneamente, devem ser capazes de formar jovens informados e cientificamente letrados, desenvolvendo competências em áreas diversas, flexibilidade e aptidões que lhes possibilitem a adaptabilidade em situações futuras (Aikenhead, 2009; Galvão et al., 2011; Ward et al., 2010). A educação em Ciência é, então, fundamental no desenvolvimento de capacidades e aquisição de competências, proporcionando aos cidadãos maior competitividade na sociedade, uma participação ativa nas tomadas de decisão relativas à temática da ciência e tecnológica (Veríssimo, 2001). Acresce ainda a necessidade de proporcionar aos jovens uma educação para uma cidadania participativa e ativa, para que se tornem cidadãos científica e tecnologicamente informados, possuidores de instrumentos que lhes permitam analisar o mundo de forma crítica e fundamentada, capacitando-os para se tornarem responsáveis pelos seus destinos quando lidarem com aspetos científicos e tecnológicos (Aikenhead, 2009; Galvão et al., 2011; Santos, 1994). A literacia científica é, assim, fundamental para o exercício pleno da cidadania, quando os cidadãos são chamados a dar a sua opinião sobre questões de natureza científica com implicações sociais.

Desta forma, a educação em ciência deve dar prioridade à formação de cidadãos cientificamente cultos, que compreendam o valor da ciência, com capacidade de criticar e argumentar os limites éticos e morais da ciência e, acima de tudo, capazes de participar ativa e responsabilmente em sociedades que se pretendem democráticas (Cachapuz et al., 2002; Osborne, 2001).

O vertiginoso avanço da ciência e da tecnologia, nas últimas décadas, trouxe como consequência um agravamento na divergência entre aqueles que possuem conhecimentos científicos e o resto da população (UNESCO, 1996), pelo que a aprendizagem de conhecimentos científicos, na atualidade, deve constituir uma parte essencial na formação pessoal dos cidadãos, de forma a permitir-lhes interpretar a realidade racionalmente, com



liberdade e dispondo de argumentos para tomarem decisões (Caamaño et al., 2006, citados por Rivera e Wamba, 2011).

São inúmeros os contextos em que se pode desenvolver a cultura científica dos cidadãos. No entanto, a escola continua a ser o meio privilegiado onde os jovens têm acesso a uma informação estruturada e significativa de conceitos científicos e tecnológicos. Assim, podem desenvolver-se integrados no mundo com todos os avanços científicos e tecnológicos, permitindo-lhes, desta forma, enquanto cidadãos de pleno direito, participar ativamente nos diversos domínios da sociedade e tirar partido da informação veiculada nos meios de comunicação social (Ferreira, 2010; OCDE/PISA, 2007; Ward et al., 2010). Visto que *“a ciência escolar (...) está relacionada com a cultura do país, da comunidade, da escola, da profissão docente e de muitas outras subculturas”* (Aikenhead, 2009, p. 17).

Com efeito, a educação em ciência tem sido encarada nas últimas décadas pelos sistemas políticos das sociedades modernas como fator de sucesso e de crescimento económico. No entanto, diversos estudos internacionais, efetuados com a finalidade de avaliar os sistemas educativos relativamente ao desempenho dos alunos, como, por exemplo, os programas PISA² promovidos pela OCDE, revelam que os jovens de diversos países, na escolaridade obrigatória, possuem baixos níveis de conhecimento científico e alguma tendência para se afastarem das áreas científicas e tecnológicas durante os seus percursos escolares (OCDE, 2001). Tem-se verificado uma crescente falta de interesse e desmotivação pelo estudo das Ciências, o que se reflete, com alguma frequência, no seu fraco desempenho escolar nestas áreas (Galvão et al, 2011; Comissão Europeia, 2004). De acordo com Fernandes et al. (2011, pp. 37-38), *“Estudos recentes indicam que os alunos se encontram desmotivados para a aprendizagem das disciplinas científicas e, o facto anterior deve-se ao ensino tradicional e à descontextualização curricular que tem vindo a ser praticada”*.

Uma das origens deste problema poderá residir na forma como o ensino das Ciências ainda é praticado nas nossas escolas, em que as atividades desenvolvidas estão muito centradas no professor (Galvão et al., 2011) e a ciência é, muitas vezes, apresentada como um corpo de conhecimentos arbitrários, enciclopédicos e descontextualizados do

² Programme for International Student Assessment



quotidiano dos alunos (Osborne, 2001; Solbes, 2011, *in* Caamaño, 2011). Osborne (2003, p. 13) afirma que “*muitos cursos de ciências tentam obrigar os alunos a memorizar uma série de factos “secos” que nem sempre um cientista profissional conhece*”.

O resultado é uma crescente tensão entre a Ciência da escola e a “*Ciência*” dos meios de comunicação, entre a necessidade de futuros especialistas nas áreas científicas e a de cidadãos informados para o exercício de uma cidadania plena de direito numa sociedade democrática (Osborne, 2001). A prática de educação científica funciona, muitas vezes, como um mecanismo de seleção daqueles que serão futuros cientistas, dando-se ênfase ao ensino dos conteúdos da ciência e aos conhecimentos estabelecidos (Osborne, 2003). Consequentemente, o conhecimento científico fica restrito a pequenos grupos de indivíduos e assiste-se a um divórcio dos jovens em relação ao conhecimento científico (Cachapuz et al., 2002). Assim, numa sociedade baseada no conhecimento, torna-se necessário que os jovens compreendam a importância da ciência nas suas vidas, permitindo-lhes uma compreensão do mundo que os rodeia mais rica e esclarecedora que a visão do senso comum. Em tempos de massificação do ensino parece-nos, então, necessário e de grande importância desenvolver competências que promovam a alfabetização científica dos nossos jovens. A alfabetização científica considera que a finalidade do ensino das ciências é permitir que toda a população tenha conhecimentos científicos que lhes facilitem a compreensão em termos individuais e sociais dos temas científico-tecnológicos (Martín-Díaz et al *in* Caamaño, 2011).

De acordo com Cachapuz et al. (2002, p. 45), “*ser cientificamente culto implica atitudes, valores e novas competências (em particular, a abertura à mudança, à ética de responsabilidade, aprender a aprender...) capazes de ajudar a formular e debater responsavelmente um ponto de vista pessoal sobre problemáticas de índole científico/tecnológica, juízos mais informados sobre o mérito de determinadas matérias e situações com implicações pessoais e/ou sociais, participação no processo democrático de decisões, uma melhor compreensão de como as ideias da Ciência/Tecnologia são usadas em situações sociais, económicas, ambientais e tecnológicas específicas*”.

Contudo, para que se atinja um elevado nível de alfabetização científica entre os jovens, é necessário implementar estratégias de ensino motivadoras, estimulantes e potenciadoras de maior autonomia; nomeadamente, envolvendo o aluno em atividades de pensar, prever,



imaginar, compartilhar, descobrir, argumentar e comunicar capazes de desenvolver simultaneamente a criatividade e espírito crítico (Cachapuz et al, 20002). Segundo Galvão et al. (2011), Martín-Díaz et al. (2011, *in* Caamañño, 2011), para que este objetivo seja atingido é necessário desenvolver um currículo que dê maior ênfase à relação entre a ciência e as questões do dia-a-dia e estabeleça interações com a tecnologia e a sociedade. Deste modo, e na opinião de Martins et al (2005), Osborne e Dillon (2008), deve ser proporcionada aos alunos uma Educação em Ciência, que permita aos alunos uma aprendizagem contextualizada. Neste sentido, o ensino das Ciências, em geral, e da Física e Química, em particular, no ensino secundário português deve ser orientado numa perspetiva da literacia científica com vista à “*compreensão da Ciência e Tecnologia, das relações entre uma e outra e das suas implicações na Sociedade*” (DES, 2001). Segundo as orientações para o Ensino Secundário, pretende-se que este contribua não só para preparar os estudantes para o Ensino Superior e uma carreira em ciências, como também para que estes se tornem cidadãos informados, responsáveis e intervenientes numa sociedade altamente dependente dos avanços científicos e tecnológicos (ME, 2001).

A aprendizagem de conhecimentos deve, pois, ser orientada para o contexto do entendimento e da resolução prática dos problemas do quotidiano, das questões científicas e das preocupações públicas relacionadas com o desenvolvimento e impacto da Ciência e da Tecnologia na Sociedade.

Os efeitos da Ciência e Tecnologia na Sociedade e no Ambiente são visíveis e nem sempre pelos aspetos positivos. Uma aprendizagem significativa por parte dos alunos implica o estabelecimento de relações entre o conhecimento conceptual e processual e uma articulação entre os conteúdos programáticos abordados na sala de aula e situações do quotidiano (Galvão et al, 2011). Por outro lado, segundo Martins (2002), as teorias de aprendizagem de cariz sócio construtivista põem em causa modelos de ensino por transmissão, centrados no professor como transmissor da informação. Desta forma, a aprendizagem formal das ciências não pode confinar-se a factos e teorias e às suas interpretações mais ou menos aprofundadas consoante o nível escolar em que são aplicadas (Martins, 2002). Para Cachapuz (2000) *in* Martins (2002), na Ciência Escolar, os objetos de estudo devem ser problemas abertos, em que os alunos se podem e devem envolver, através de pesquisa e seleção de informação, permitindo-lhes, assim, o desenvolvimento de competências processuais, pessoais (onde se valoriza o espírito crítico e a criatividade),



atitudinais e de valores relevantes do ponto de vista pessoal e social. Com efeito, nas sociedades ocidentais, a educação em ciências tem vindo a sofrer alterações significativas, a par de um reconhecimento social e político do papel das ciências e tecnologia na formação dos jovens (Rebelo, 2008). No caso particular do ensino das ciências, este tem sido objeto de mudança nas finalidades, nos conteúdos curriculares e nas abordagens recomendadas. O currículo deixou de ser visto como um conjunto de regras/prescrições que os professores têm de seguir, passando a ser entendido como algo aberto, flexível, focado no processo e não no princípio (Galvão et al., 2011). Neste sentido, perspetiva-se uma educação em ciências mais humanista, mais global e menos fragmentada em conceitos teóricos, capaz de preparar os alunos para uma compreensão do mundo e das relações do conhecimento científico e tecnológico da sociedade (CTS) (Lopes, 2004; Martins, 2002). Assim, para Martins (2002, p. 30), “*aquilo que se advoga é conduzir o ensino das ciências segundo grandes temas em torno de problemáticas reais e actuais, seleccionar os conceitos de Ciências e Tecnologia que são importantes para o desenvolvimento de uma explicação/interpretação plausível para o nível de estudos em questão, levantando questões criadas na sociedade pela repercussão da tecnologia ou pelas implicações sociais do conhecimento científico e tecnológico...*”. É nesta perspetiva que emerge o ensino da Física e da Química nuclear a que nos propomos, contextualizado por situações de vida real, ainda que nem sempre próximas fisicamente dos alunos, como as aplicações médicas ou o acidente nuclear em Fukushima, permitindo estabelecer ligações entre a Ciência e a Tecnologia, com implicações sociais de e para a Sociedade.

2.2.2. Discussão em torno de questões sócio científicas e a Informação de Divulgação Científica

Vivemos numa época de grande e constante mudança, em que os avanços científicos e tecnológicos são constantes e muitas vezes controversos, repercutindo-se ao nível das relações sociais. Durante os últimos anos, a sociedade portuguesa, à semelhança do que acontece noutros países, tem sido confrontada com múltiplas questões controversas relacionadas com a ciência e a tecnologia: efeitos adversos do uso de telemóveis, impacto da co-incineração de resíduos tóxicos nas cimenteiras e o impacto ambiental, dependência energética do país face ao exterior, etc. Quase diariamente, os meios de comunicação



transmitem informações sobre estas questões sócio científicas controversas: os problemas em centrais nucleares europeias ou o acidente nuclear em Fukushima, Japão, são disso exemplo. Mas também somos confrontados com os avanços científicos e tecnológicos na área da medicina ou das novas tecnologias. Como consequência, as diferentes perspectivas das situações referidas geram medo, revolta e grandes tensões sociais entre direitos individuais, objetivos sociais, prioridades políticas e valores ambientais, além dos interesses económicos (Galvão & Reis, 2005). Então, todas estas tensões em torno do impacto da ciência e tecnologia na sociedade devem ter influenciado as concepções dos alunos e, conseqüentemente, o seu discurso e tomada de decisões sobre questões sócio científicas. Por outro lado, numa sociedade em permanente evolução científica e tecnológica, a iliteracia científica de parte dos cidadãos impossibilita uma focagem/reflexão sobre o desenvolvimento científico e tecnológico e a compreensão por parte da população das questões mais controversas. Torna-se vital a passagem progressiva de um conceito de cidadão passivo, governado por uma elite de iluminados, para o de um cidadão mais participativo em processos de decisão sobre opções de desenvolvimento que lhe são apresentadas (Reis, 2004). Assim, um dos argumentos mais frequentes a favor da alfabetização científica da população consiste na sua preparação para responder a questões de natureza sócio científica, ou seja, questões sociais com dimensão científica e social (Reis, 2004). A grande finalidade da alfabetização científica da população é promover uma sociedade mais culta, mais livre e menos manipulada (Martín-Díaz, 2011, *in* Caamaño et al, 2011). É, assim, desejável trazer para a escola as controvérsias sócio científicas e debatê-las com os alunos. A discussão em torno de questões sócio científicas controversas mobiliza um conjunto de conhecimentos e saberes em torno do tema, trazendo ganhos nas suas capacidades de tomada de decisões (Aikenhead, 2009), que, por sua vez, envolvem um largo espectro de conhecimentos, valores e atitudes por parte dos alunos. De acordo com Cowie e Rudduck (1990, *in* Reis, 2004), as atividades de discussão enquadram-se em três categorias: discussão de questões controversas, resolução de problemas e representação de papéis. Qualquer uma delas, de acordo com Reis (2004), pretende promover a aprendizagem através da exploração de ideias, opiniões e vivências, em ambientes de cooperação entre pares, servindo para mobilizar recursos disponíveis, com o objetivo de aumentar o conhecimento, a compreensão do problema em debate e a autonomia intelectual. Nesta concepção epistemológica de interação entre os sujeitos, eles próprios



constroem os seus instrumentos sociocognitivos a partir da acumulação e interiorização de experiências, progredindo intelectualmente através das interações com outros indivíduos (Moreira & Valadares, 2009). Desta forma, os conhecimentos têm origem externa, formando-se a partir de estímulos presentes no dia-a-dia, como por exemplo, na rua, em casa, na televisão, nos jornais ou noutras fontes de informação.

Uma dessas fontes de estímulo da aprendizagem em Física e Química poderá passar pelo uso de documentos de IDC, que, contendo informações de cariz científico, envolvem questões controversas em torno da ciência. Muitas vezes por falta de opções (ou não), os professores recorrem ao manual escolar como único recurso didático para as suas aulas. No entanto, recebemos diariamente um grande volume de informação, seja pela internet, seja pelos meios de comunicação, especializada ou generalista, que importa interpretar e em relação à qual importa ter uma atitude crítica, face às notícias veiculadas. Como interpretam os nossos alunos essa informação? Conseguem associar essa informação aos conceitos teóricos abordados nas aulas?

Uma forma de estabelecer uma ligação entre os conceitos teóricos e muita da informação veiculada nos meios de comunicação social passa, segundo Silva e Terrazzan (2006), pela utilização de informação de divulgação científica, pois normalmente é usada uma linguagem científica acessível e compreensível para os alunos e permite estabelecer ligações com situações do quotidiano, proporcionando, assim, uma ligação entre a ciência da escola e as questões sócio científicas controversas.

2.3. Paradigma da aprendizagem significativa e o ensino das ciências

Muitas críticas ao ensino tradicional referem-se à ação passiva do aprendente que frequentemente é tratado como um mero ouvinte das informações transmitidas pelo professor. Um ensino em ciências formal, bem estruturado e rigoroso não é suficiente para que os alunos aprendam conceitos de ciências em geral, e de física e química em particular, e os mobilizem de forma correta (Lopes, 2004). O grande objetivo da aprendizagem formal é que os alunos tirem dela o máximo partido, para se integrarem de forma harmoniosa no mundo em geral, devendo ser voltada para a educação global do ser humano, de forma a torná-los cidadãos participantes de uma sociedade em mudança permanente (Moreira &



Valadares, 2009). Mas, para que o conhecimento se integre da melhor forma nas experiências e vivências dos alunos, a aprendizagem “*deve ir modificando e acrescentando novos significados acerca do mundo e das experiências de vida de modo a provocar a desejada integração humana*” (Moreira & Valadares, 2009, p. 27). Com efeito, as pessoas constroem os seus conhecimentos a partir de uma intenção deliberada de estabelecer uma articulação entre o que conhecem e a nova informação que pretendem absorver. Este tipo de estruturação cognitiva dá-se ao longo de toda a vida, através de uma sequência de processos, únicos para cada pessoa, configurando-se, desse modo, num processo idiossincrático. A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conceito é incorporado nas estruturas de conhecimento do aluno e adquire significado para ele a partir da relação com o seu conhecimento prévio. Moreira (2000, p. 49) refere que “*a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio*”. O novo conhecimento adquire significados para o aprendiz, num processo não-literal, o conhecimento prévio fica mais rico, mais elaborado em termos de significados, adquirindo estabilidade (Moreira, 2000) e a aprendizagem torna-se significativa para o aprendente.

2.3.1. Teoria da Aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa é uma abordagem cognitivista da construção do conhecimento, portanto uma teoria construtivista, pois assenta no princípio de que é o próprio ser humano que vai gerindo o produto da sua própria aprendizagem (Moreira & Valadares, 2009).

A teoria da aprendizagem significativa remonta à década de 1960, quando David Ausubel (*in* Moreira & Valadares, 2009) se propôs conhecer e explicar as condições e características da aprendizagem, de modo a provocar mudanças estáveis, com significado individual e social (Moreira & Valadares, 2009). Segundo Ausubel (*in* Moreira & Valadares, 2009; Cachapuz *et al*, 2002), a aprendizagem significativa traduz um processo através da qual um determinado conceito se relaciona com a estrutura cognitiva do aprendente e caracteriza-se pela interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio (Moreira, 2000). Trata-se de um processo substantivo, ocorre de forma não literal, e



não arbitrário, não ocorre ao acaso, em que o novo conhecimento adquire significados para o aprendente e o conhecimento prévio fica mais rico, mais elaborado e estável em termos de significados (Moreira, 2000, *in* Novak, 2000; Cachapuz et al, 2002; Moreira & Valadares, 2009). Portanto, o fator isolado mais importante, segundo Ausubel, “*que influencia a aprendizagem significativa é o que o aluno já sabe*” (*in* Cachapuz et al, 2002, p. 110). Nesse processo, a nova informação interage com a estrutura de conhecimentos prévios, aos quais Ausubel chama *subsunçores*, que estabelecem ligações ou “*pontes*” cognitivas entre o que o aluno sabe e o que está a aprender, tornando-se um processo construtivo e reconstrutivo em que as concepções do aprendente se vão enriquecendo progressivamente. Por isso, quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendente transforma o significado lógico do material pedagógico em material psicológico, à medida que o conteúdo se insere na sua estrutura cognitiva, e cada indivíduo tem uma forma própria de fazer essa inserção. Contudo, não se trata de mera junção de conceitos, mas de um processo de assimilação em que a nova informação modifica os conceitos *subsunçores*, transformando-os em conceitos mais gerais e abrangentes. Em oposição à aprendizagem significativa, está a aprendizagem mecânica ou memorística, como sendo aquela em que a nova informação é aprendida sem que exista interação com informações existentes na estrutura cognitiva do sujeito (Moreira & Valadares, 2009). A informação é armazenada de forma literal e arbitrária, contribuindo pouco ou nada para a elaboração e diferenciação daquilo que o aluno já sabe. O esforço necessário para este tipo de aprendizagem é muito menor, daí ele ser muitas vezes utilizado pelos alunos. Por outro lado, a aprendizagem significativa requer um esforço do aluno em estabelecer conexões, não literais e arbitrárias, entre o novo conhecimento e a sua estrutura cognitiva. É, então, necessária uma atitude favorável do aluno para que ocorra aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa depende de três fatores fundamentais e condicionantes, sendo eles, segundo Martínez, Montero e Pedrosa (*in* Novak, 2000):

- o significado lógico do material,
- o significado psicológico para o aluno e
- a atitude favorável do aluno para aprender significativamente.



Assim, o aluno precisa de ter predisposição para aprender de forma significativa: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo de forma arbitrária e literal, então a aprendizagem será mecânica (Moreira & Valadares, 2009). Além de que o conteúdo escolar a ser aprendido deve ter um significado lógico, ou seja, conceptualmente coerente e plausível para o aluno e o aprendente deve dispor de conceitos âncora, *subsunçores*, adequados na estrutura cognitiva, que permitam a assimilação do novo conteúdo (Cachapuz et al, 2002; Moreira & Valadares, 2009). Estes conceitos são de extrema importância, porque permitem estabelecer um equilíbrio entre as responsabilidades do professor e o papel atribuído ao aluno como construtor do seu conhecimento (Matínez et al, 2000, *in* Novak, 2000).

Por sua vez, Novak (*in* Moreira & Valadares, 2009), seguidor de Ausubel, tornou o conceito de *aprendizagem significativa* menos cognitivista, perspectiva defendida por Ausubel, num conceito de aprendizagem mais humanista, ao considerar o aluno não como uma máquina de pensar, mas como um sujeito cuja *intelectualidade está relacionada com as suas componentes afetiva e sensitiva*, no seguimento do pensamento de Paulo Freire (Freire, 1989). Para Novak (*in* Moreira & Valadares, 2009, p. 45), “*a aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação que conduz ao enriquecimento humano e daí a influência que tem não só a aquisição de novos significados conceptuais mas também a experiência emocional de aprendizagem*”. De acordo com esta perspectiva, a aprendizagem significativa deve ser encarada como uma ação de troca de significados (pensar) e ao mesmo tempo de sentimentos entre professores e alunos. Neste sentido, na educação em ciências, “*pretende-se uma aprendizagem rica, substantiva, não literal, dos conceitos, leis e teorias científicas, capaz de potenciar os alunos para a resolução dos mais variados problemas e capaz mesmo de vir a criar novos conhecimentos...*” (Moreira & Valadares, 2009, p. 46).

A teoria da aprendizagem significativa não discute a prioridade entre aprendizagem e desenvolvimento cognitivo alicerçada por Piaget (*in* Moreira & Valadares, 2009), pois, sendo uma teoria construtivista, foca-se na forma como os alunos constroem o seu conhecimento. Esta construção do conhecimento depende, como vimos anteriormente, do conhecimento prévio dos alunos e da motivação psicológica dos aprendentes. Outra ideia essencial está alicerçada no pensamento de Lev Vygotsky, em que o ensino deve possuir um nível de exigência adequado de forma a tirar partido da área de desenvolvimento potencial de cada aluno, sendo que um bom ensino não garante uma boa aprendizagem (*in*



Moreira & Valadares, 2009). Sendo a aprendizagem um processo pessoal, em que cada aluno aprende de acordo com o que é, o que sabe e o que pensa, é, também, influenciada por fatores sociais que ultrapassam o ensino e a Escola. Vygotsky (*in* Cachapuz et al, 2002), adotando uma abordagem sociocognitiva, preocupa-se com a influência do ambiente social e cultural nos processos de aprendizagem, considerando a interação do indivíduo com o meio sociocultural determinante para o seu desenvolvimento cognitivo. Para Vygotsky (1991), o desenvolvimento assenta numa relação homem/mundo mediada por sistemas simbólicos, em que o sujeito é ao mesmo tempo ativo e interativo e o seu conhecimento construído com base em *instrumentos* e *sinais/signos* inerentes ao meio cultural. A cultura é constituída por sistemas de símbolos que medeiam as nossas ações, sendo a linguagem o sistema de sinais mais utilizado e a apropriação desses signos ocorre principalmente pela via da interação social (Moreira & Valadares, 2009). A aprendizagem consiste, precisamente, na internalização progressiva de instrumentos mediadores, com início no exterior e transformando-se em processos de desenvolvimento interno (Cachapuz et al, 2002). Na aprendizagem significativa o aprendente transforma o significado lógico dos conteúdos a aprender em significado psicológico, mas os conteúdos são constituídos por um conjunto de conceitos e afirmações expressos através de um conjunto de signos indicadores, numa linguagem própria (por exemplo, a linguagem matemática ou a linguagem física ou química). Portanto, quando um aluno aprende uma ciência, está a *internalizar* os significados construídos e aceites no contexto da mesma, o que passa pela *internalização* de signos característicos dessa ciência (Moreira & Valadares, 2009). E esse processo de aprendizagem significativa é um processo que pressupõe a interação social ou a discussão de ideias, tal como refere Novak (2000).

Em suma, a facilitação da aprendizagem significativa em ambientes formais depende da forma como o ensino é organizado, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos, a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a sua predisposição para aprender (Moreira & Valadares, 2009). Outro fator subjacente é a *atividade cooperativa mediada pelo professor*, a interação pessoal, a troca de significados e a partilha de significados é facilitada quando o aprendente interage com outros aprendentes e com o professor.

No entanto, quando um aluno não dispõe de conhecimentos prévios através dos quais possa atribuir significados aos novos ou quando não se predispõe a essa atribuição de



significados, a aprendizagem é, em geral, como anteriormente referido, mecânica ou automática, podendo ocorrer em casos extremos apenas a memorização de conhecimentos sem significado e compreensão dos mesmos. Para Moreira e Valadares (2009), a aprendizagem significativa é progressiva, podendo ocorrer inicialmente uma aprendizagem mecânica que passe, progressivamente, a significativa. Contudo, se o aluno permanecer na aprendizagem mecânica, as informações sem significado tornam-se cada vez mais difíceis de memorizar e, normalmente, o resultado é um sentimento negativo relativamente à matéria de ensino. É o caso da Física e da Química, áreas científicas que os alunos encaram, muitas vezes, como um repertório de fórmulas a ser decoradas sem qualquer compreensão do seu significado. Além disso, aprendizagem significativa de determinada área não é sinónima de aprendizagem “correta”. Para Moreira e Valadares (2009), *“uma determinada aprendizagem pode ser significativa para quem aprende mas não envolver significados aceites, partilhados, por em determinado contexto”*. É o caso das conceções alternativas ou pré conceções em Física e Química que os alunos trazem para a sala de aula.

2.3.2. Conceções alternativas no ensino das ciências

Para que a aprendizagem significativa aconteça é necessário que o indivíduo incorpore o novo conteúdo nas suas estruturas de conhecimento prévias. Para Lopes (2004, p. 86), *“Todo o conhecimento é uma representação da realidade concreta ou abstracta que resulta da interacção entre o sujeito e o objecto epistémico. O ser humano desde criança aprende a construir conhecimento”*. Este conjunto de saberes empíricos, trazidos para a sala de aula, incorporam apropriações mais ou menos adequadas do conhecimento científico, podendo ajudar ou dificultar o processo de aprendizagem (Lopes, 2004). Estes conhecimentos não se constituem em simples conceções isoladas, mas são estruturas conceptuais elaboradas, que proporcionam ao indivíduo uma compreensão coerente da realidade sob o seu ponto de vista.

Muitos trabalhos de investigação têm demonstrado que os modelos usados pelos indivíduos para explicar os fenómenos do quotidiano desenvolvem-se desde a infância, não sendo, portanto, originados exclusivamente pela sua aprendizagem escolar (Santos, 1998). Com efeito, estudos realizados em vários países, relativos a representações dos alunos em



domínios conceptuais da ciência, indicam que os estudantes de vários graus de ensino e escalões etários revelam sobre os fenómenos físicos interpretações incoerentes da explicação cientificamente aceite (Almeida, 2004; Duarte, 1999; Mortimer, 1996).

Os esquemas conceptuais prévios que os alunos trazem para a sala de aula, baseados numa observação natural e sem cuidados científicos, através de uma linguagem sem preocupações de correção científica, são genericamente denominados, num quadro teórico construtivista, por concepções alternativas ou pré concepções (Almeida, 2004; Lopes, 2004). Estas ideias alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante resistentes à mudança, pelo que é possível encontrá-las mesmo em estudantes universitários (Santos, 1998; Viennot, 1979).

Tais concepções não têm estatuto de conceitos científicos, diferindo significativamente destes, quer a nível do produto, quer do processo de construção e funcionam, para o aluno, como alternativa ao conhecimento científico (Santos, 1998).

Os primeiros trabalhos de investigação sobre concepções alternativas, em educação, em ciências, remontam ao início da década de 70, do século XX, seguindo uma perspetiva construtivista da aprendizagem. A partir daí essa linha de investigação em educação tem-se tornado ponto de referência para muitos investigadores. Mas é a partir da década de 80 do século passado que o conceito de concepções alternativas começou a ter alguma consistência. Desde então, inúmeros estudos se têm desenvolvido no sentido de procurar conhecer as concepções alternativas dos alunos de vários níveis de escolaridade sobre vários conceitos científicos em diferentes ramos da ciência (Física, Química, Biologia, Geologia, etc). Isto é, saber o que pensam os alunos (Lopes, 2004; Santos, 1998)³. Diagnosticar e compreender a natureza e origem das concepções alternativas dos alunos, bem como o impacto que elas têm na aprendizagem formal, começou a fazer parte integrante das preocupações pedagógicas. O reconhecimento da necessidade de se conhecerem as concepções alternativas ou pré concepções para a construção do conhecimento científico está relacionado com a constatação de que os conhecimentos científicos formalmente

³ **Energia** - Stead, 1981; Solomon, 1982, 1983a, 1983b; Watts, 1983; Astolfi, 1983; Duit, 1983; Clis, 1987.

Combustão – Schollum & Happs, 1982; Meheut, Saltiel & Tiberghien, 1985.

Célula/Estrutura celular – Clement, Serverin & Luciani, 1983; Benoit, 1987; Dreyfus & Junwirth, 1988 e 1989; Caballer & Giménez, 1992 e 1993.

Microorganismos – Barenholz & Tamir, 1987; Duarte, 1997.

Tectónica de placas – Dourado, 1994; Marques, 1994; Marques & Thompson, 1997.
(in Santos, 1998: 98, 99, 100)



adquiridos, que à primeira vista parecem rigorosos e bem estruturados, são, na primeira oportunidade, substituídos pelas concepções alternativas que continuam latentes nas representações dos alunos (Santos, 1998). Estas interpretações intuitivas e relativamente estáveis dos estudantes não podem ser consideradas como uma ciência, e muito menos constituem uma alternativa válida a qualquer interpretação com características científicas (Almeida, 2004), constituindo o conhecimento do senso comum. Para Lopes (2004, p. 87), “...os alunos, antes de acederem ao ensino formal, desenvolveram um pensamento próprio sobre os fenómenos naturais e muitas dessas ideias permanecem inalteradas depois da instrução. Mesmo durante o ensino este tipo de raciocínio e conhecimento é desenvolvido paralelamente ao conhecimento escolar.”

Apesar do interesse pedagógico no conhecimento das concepções alternativas ser recente a nível dos adolescentes, as representações que a criança possui sobre o mundo que a rodeia já eram objeto de estudo teórico e empírico em psicologia há mais tempo, tendo sido Piaget e Ausubel (*in* Santos, 1998) os grandes precursores desta linha de investigação, ainda que com diferentes motivações. Outro dos motores de interesse no movimento das concepções alternativas dos alunos foi Gaston Bachelard (2005).

Piaget e Ausubel (*in* Santos, 1998) convergem em questões fundamentais, mas divergem em alguns aspetos significativos. Ambos admitem que o conhecimento resulta de uma convergência de fatores que são potencializados pela atividade do sujeito – o construtivismo. Contudo, para Piaget, o facto determinante do processo de integração de novas informações e de novos conceitos é o nível mental atingido pelo sujeito, as suas estruturas lógicas ou operações. Piaget postula, como determinante, o estágio de desenvolvimento das estruturas cognitivas do indivíduo e a dependência da aprendizagem desse estágio de desenvolvimento (*in* Santos, 1998; Cachapuz et al, 2002). Ao invés, o que é determinante para Ausubel (1980), é o papel das estruturas conceptuais, enquanto instrumentos específicos para determinados campos do conhecimento; considera que são elas, e não o nível mental atingido a partir de determinada idade, o fator limitante para lidar com novas abstrações. Para Ausubel (1980), o conhecimento previamente adquirido é a base de sustentabilidade para a interiorização e compreensão de novos significados, de novos conceitos, uma vez que o processamento dessas ideias exige um relacionamento com os conhecimentos prévios. A ação pedagógica deve, então, centrar-se não só na estrutura do assunto a ser ensinado, mas também na construção racional de novas



estruturas conceituais, a partir de conteúdos já estabelecidos na mente dos alunos e que se tornem relevantes para a aprendizagem desse assunto (Santos, 1998). A ação educativa, segundo Ausubel (1980), não visa a contestação das representações do aprendente, mas sim o reconhecimento de conceitos iniciais já interiorizados na mente do aluno, os quais serviram de suporte a novas aprendizagens.

Para Bachelard (2005), as *concepções alternativas* resultam das experiências de vida dos indivíduos, mais ou menos partilhados socialmente, são conhecimentos intuitivos, sensitivos e espontâneos, à semelhança dos conceitos do senso comum e da pré-ciência. Em contraponto, o conhecimento científico é um conhecimento construído com base em modelos teóricos de aproximação à realidade, para a compreender e explicar. No conhecimento comum, conhecimento empírico, os dados são, segundo Bachelard (1938), oferecidos gratuitamente pela realidade, resultando de uma percepção imediata dessa realidade. São essas interpretações da realidade que os alunos trazem para a sala de aula, logo, o problema pedagógico não se pode restringir a uma tentativa de corrigir essas concepções, uma a uma, mas a um envolvimento do aluno no seu processo de aprendizagem, para que, tal como preconiza Bachelard, ocorra uma rutura entre o processo de construção do conhecimento comum e o processo de construção do conhecimento científico (in Santos, 1998).

Na perspetiva de Vygotsky (1991), a aquisição de conceitos espontâneos (senso comum) tem por base as abstrações que o sujeito realiza sobre o objeto, enquanto a aquisição de conceitos científicos parte de conceitos já existentes e só adquire significado quando o indivíduo estabelece relações com outros conceitos, implicando processos de reestruturação ou reorganização do sistema conceptual. Sendo assim, o conhecimento conceptual resulta das interações entre o conhecimento comum do aluno e o conhecimento adquirido pela educação formal (Cachapuz et al, 2002). Transpondo para o ensino das ciências, Cachapuz (in Cachapuz et al, 2002) refere que o conhecimento comum resulta das interpretações que o aluno faz da sua própria visão do mundo natural, sendo construído na base do que o aluno acredita, sem limites de tempo, e adquirido de forma não sistemática. Por outro lado, o conhecimento formal resulta de interpretações feitas pela comunidade científica a que o aluno tem acesso por via do professor e/ou manuais escolares, sendo veiculado pela escola com limitações temporais e saberes dispersos, de acordo com a organização disciplinar.



Parece, então, ser necessário que o professor, para ensinar significativamente, deve conhecer o que o aluno já sabe, embora esse saber pertença à estrutura cognitiva do sujeito e seja de natureza idiossincrática. Isso significa que, não sendo um processo simples, deve avaliar o que o sujeito sabe e, conseqüentemente, agir de acordo com esse conhecimento prévio. No entanto, é possível encontrar vestígios dos conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do aluno, através de situações problemáticas ou até de questões colocadas em testes diagnósticos escritos, a que não exijam uma resposta direta e memorizada, mas sim uma situação nova que exija transformação do conhecimento original, como por exemplo a aplicação do conhecimento pré existente para explicar um fenómeno novo ou uma tomada de decisão baseando-se num determinado saber. Uma aprendizagem efetiva, significativa e cientificamente correta, só acontece quando o aluno é capaz de perceber, de reconhecer que a sua ideia inicial acerca de um assunto não era adequada e mobiliza os conhecimentos pré existentes.



Capítulo 3

METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO



3.1. Introdução

Neste capítulo pretendemos fazer uma descrição e justificação da metodologia implementada. Deste modo, o capítulo inicia-se com uma descrição da natureza do estudo realizado (3.2), passando-se, de seguida, a apresentar-se uma caracterização geral dos participantes no estudo (3.3).

Seguidamente, justifica-se a seleção de técnicas e instrumentos de recolha dos dados utilizados na investigação (3.4), descreve-se o processo de recolha de dados (3.4.1, 3.4.2 3.4.3) e passa-se à descrição da abordagem da metodologia de ensino desenvolvida na turma (3.5). Por último, apresentam-se os métodos de análise de dados (3.6), fazendo-se referência às técnicas de análise de informação recolhidas no teste diagnóstico (3.6.1), debate (3.6.2) e questionário de opinião (3.6.3).

3.2. Natureza do Estudo

A metodologia de qualquer trabalho de investigação deve ser definida tendo por base a finalidade do trabalho e os objetivos de investigação, dado que estes determinam o quadro conceptual e o método a seguir. Para Pardal e Lopes (2011), uma investigação em ciências sociais, e em particular em ciências da educação, não é uma sucessão de etapas estereotipadas, mas constitui as opções metodológicas e a construção e organização dos processos que variam em função da natureza e da especificidade do objeto em estudo. Portanto, os métodos de investigação e recolha de dados devem ser definidos de acordo com a natureza do estudo (Bell, 2008).

A investigação em ciências sociais, e em particular em ciências da educação, no âmbito do qual este trabalho se desenvolve, tem sofrido uma evolução significativa ao longo dos tempos (Tuckman, 2005). Da ênfase nas metodologias quantitativas, características de grande parte do século XX, também designada por experimental, científica e herdeira do positivismo (Pardal & Lopes, 2011) com recurso a meios de observação quantificáveis abrangendo fenómenos em grande extensão, evoluiu-se para um paradigma qualitativo, em que as perceções individuais ganham valor explicativo da realidade (Tuckman, 2005).



Para Rocha (1999), um investigador que recorre à investigação qualitativa considera a educação ligada a valores, valoriza mais os processos do que os resultados e o carácter dinâmico e subjetivo da realidade educativa. A investigação qualitativa desenvolve-se em ambiente natural, fazendo o investigador parte do objeto em estudo, privilegiando a sua compreensão e das inter-relações que se estabelecem entre os intervenientes na investigação (Pardal & Lopes, 2011). Para Bogdan e Bilken (1994, p.48), os investigadores qualitativos *“entendem que as acções podem ser melhor compreendidas quando são observadas no seu ambiente natural de ocorrência.”*

Por outro lado, os investigadores quantitativos realizam medições com a ajuda de técnicas científicas que conduzem a conclusões quantificadas e, se possível, generalizáveis (Bell, 2010). Segundo Rocha (1999), o investigador que se coloca na perspetiva quantitativa valoriza mais os resultados que as pessoas, acredita na objetividade da avaliação e coloca-se fora da subjetividade dos fenómenos educativos valorizando mais o carácter dinâmico da realidade educativa.

Muito embora o paradigma qualitativo seja cada vez mais usado em educação, é possível estabelecer uma articulação entre os dois paradigmas investigativos, como demonstram inúmeros estudos (Pardal & Lopes, 2011). Ambas as abordagens apresentam potencialidades e limitações. Desde que sejam usadas dentro dos limites das suas especificidades, ambas podem contribuir efetivamente para a procura da construção de teorias e a formulação de hipóteses, ou seja, para um melhor conhecimento da realidade (Fonseca, 2008). Portanto, as metodologias investigativas podem coexistir em cada processo de investigação (Fonseca, 2008) e a utilização de dados numéricos numa investigação qualitativa permite escolher o modelo de leitura da informação que melhor caracterize a investigação (Pardal & Lopes, 2011; Yin, 2010).

Assim, com o intuito de dar resposta à questão de investigação e satisfazer os objetivos de investigação expresso no capítulo 1, organizou-se e concretizou-se um estudo de caso, inserido num paradigma predominantemente qualitativo com a contribuição de aspetos quantitativos, aplicado a uma turma do 10º ano do curso de Ciências e Tecnologias do Ensino Secundário.

Na perspetiva de Bachelard (*in* Santos, 1998), no conhecimento do senso comum os dados são oferecidos gratuitamente pela realidade, resultam de uma percepção imediata,



enquanto o conhecimento científico é construído e reflexivo. Para Lopes (2004, p. 87), “*cada pessoa é portadora de um conjunto de saberes que resultam dos seus próprios esforços para compreender o mundo e integrar-se nele...*”. Estes saberes podem ser construídos a partir de experiências vivenciais, de uma certa apropriação do discurso científico e da interação direta ou indireta com os diversos mecanismos sociais (Lopes, 2004). Para Ausubel (1980), o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Para este autor, aprender significa organizar e integrar o novo material na estrutura cognitiva. Os nossos alunos, como seres integrantes de uma sociedade, transportam para a aula todo o conjunto de saberes, incorporando apropriações do conhecimento mais ou menos adequadas.

Tendo em conta a importância que é dada aos conhecimentos prévios dos alunos como fator de partida na aprendizagem do conhecimento científico e das suas estruturas cognitivas, organizámos este trabalho de investigação no sentido de compreender quais as representações dos alunos relativamente ao tema “*Fenómenos Nucleares*”. Neste sentido, iniciámos a pesquisa fazendo um levantamento do conhecimento e concepções prévias dos alunos relativamente aos fenómenos envolvidos, assim como das ideias e crenças sobre a aplicação da tecnologia associada, usando, para tal, um teste diagnóstico/questionário (Anexo A) aplicado à turma antes da implementação do estudo.

A análise das concepções dos alunos serviu de suporte à professora-investigadora na fundamentação da metodologia a aplicar para que o processo ensino-aprendizagem se torne mais eficaz e motivador, nomeadamente, na planificação de atividades conducentes à exploração do tema em questão e, em particular, na realização de um debate.

O mesmo teste diagnóstico (*pós teste*) foi aplicado aos alunos da turma cerca de dois meses após a implementação do estudo, a fim de se avaliarem os resultados desta abordagem de ensino.

Para aferir a opinião dos alunos no que concerne a dificuldades sentidas, vantagens que encontraram e relativamente à forma como vivenciaram esta perspetiva de ensino, foi construído um questionário de opinião, aplicado na mesma aula em que realizaram o *pós teste*.

O estudo de caso trata-se, segundo Ponte (1994), de um *design* de investigação que se debruça sobre uma situação específica que se supõe ser única, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico e, desse modo, contribuir para a compreensão



global do fenómeno. Constitui uma metodologia de investigação que envolve o estudo intensivo e detalhado de uma entidade bem definida - o “*caso*” no seu contexto natural (Coutinho & Chaves, 2002; Yin, 2010). Um “*caso*” pode ser quase tudo: um indivíduo, um pequeno grupo, uma organização, uma comunidade, um processo educativo, uma turma, um incidente ou acontecimento imprevisto (Ponte, 1994; Yin, 2010). Obedecendo a uma perspetiva holística (sistémica, ampla, integrada), o Estudo de Caso tem como objetivo compreender o “*caso*” no seu todo e na sua unicidade. Muito embora os estudos de caso na investigação educativa sejam normalmente de natureza qualitativa/interpretativa, é, no entanto, possível combinar num estudo de caso uma abordagem qualitativa e quantitativa, dependendo do caso em estudo.

Para Yin (2010), determinados estudos podem incluir análise de dados quantitativos inseridos num quadro investigativo preferencialmente qualitativo, quando se pretende que o estudo tenha uma função essencialmente analítica, hipótese também defendida por Ponte (1994).

Tendo em conta o referido anteriormente, consideramos ser esta a metodologia mais adequada à nossa investigação, na qual a professora investigadora e autora do estudo se assumiu como observadora, desempenhando uma função analítica (Ponte, 1994), o que surgiu de forma natural, visto tratar-se da professora titular da turma.

3.3. Caracterização dos alunos participantes no estudo

Este estudo teve como participantes um grupo de alunos de uma turma do 10º ano de escolaridade da Escola Secundária de Estarreja, no distrito de Aveiro.

Este grupo foi escolhido para o estudo, dada a acessibilidade e disponibilidade, pelo facto da professora investigadora também ser professora titular da turma na disciplina de Física e Química A.

O grupo era constituído por vinte e cinco alunos, com uma média de idade de 15 anos, distribuindo-se por quinze do género feminino e dez do género masculino. Apenas um aluno estava a repetir o 10º ano, sete alunos tinham frequentado anteriormente a escola onde o estudo se desenvolveu, sendo que os restantes alunos tinham frequentado o Ensino Básico em quatro escolas diferentes dos concelhos de Estarreja e Murtosa.



Segundo dados recolhidos a partir da ficha de caracterização da turma elaborada pela Diretora de Turma, os agregados familiares dos alunos desta turma, do ponto de vista socioeconómico, pertenciam na maioria, a uma classe média/baixa, sendo que as suas habilitações académicas se situavam, em termos médios, entre o 3º ciclo do Ensino Básico e o Ensino Secundário. No contexto sócio afetivo, eram alunos que revelavam um relacionamento saudável com toda a comunidade escolar. O seu aproveitamento escolar global foi, em geral, considerado médio/baixo, denotando-se alguma falta de espírito crítico, de trabalho e pouca curiosidade científica. A maioria dos alunos revelava poucos hábitos de leitura, dificuldades na interpretação de informação escrita e de concentração.

3.4. Instrumentos de Recolha de Dados

A seleção das técnicas e instrumentos de recolha de informação devem ser adequadas à tarefa de investigação, dado que estas vão fornecer a informação necessária à pesquisa, (Bell, 2010). Assim, procurou-se diversificar o leque de opções a mobilizar, tal como se encontra descrito no quadro 1.

Quadro 1- Instrumentos de recolha de dados aplicados ao estudo

Instrumentos de recolha de dados		Antes	Durante	Após
Questionário	Teste diagnóstico	X		X
	Teste de avaliação formal		X	
	Questionário de opinião			X
Observação	Notas de campo		X	
	Grelha de observação do debate		X	
	Diários de aula elaborados pela professora investigadora		X	

No que concerne à técnica de recolha de dados por observação, foram utilizados os instrumentos notas de campo e diários de aula, por forma a registar a interpretação que os



alunos fazem da tecnologia nuclear, as dificuldades sentidas na interpretação da informação de divulgação científica e os constrangimentos à aprendizagem dos fenómenos nucleares.

Desta forma, optou-se por uma observação participante (Quivy & Campenhoudt, 2008; Pardal & Lopes, 2011) estruturada, visto ter sido criada uma grelha de observação específica implementada aquando da realização do debate. Para Bogdan e Biklen (1994), nos estudos de observação participante todos os dados são considerados relevantes para a compreensão e interpretação do objeto em estudo e, neste sentido, as *notas de campo* representam o relato escrito daquilo que o observador/investigador vê, ouve, experiencia e pensa no decurso da recolha de dados. Assim, as *notas de campo* serviram para a professora investigadora compreender as posições dos alunos relativamente à perspetiva de aprendizagem implementada, identificar a presença de eventuais constrangimentos cognitivos, processuais, afetivos e da interpretação de linguagem científica inerente ao tema em estudo.

Nos diários de aula registaram-se as perceções e sentimentos quer dos alunos quer da professora; os mesmos serviram fundamentalmente como documento reflexivo da professora investigadora.

3.4.1. Teste diagnóstico

Dado que se pretendia identificar as conceções prévias dos alunos relativamente aos fenómenos nucleares e suas aplicações tecnológicas, considerámos ser mais adequada a implementação de um teste diagnóstico (Anexo A) constituído, essencialmente, por questões de resposta aberta. As questões abertas permitem obter nas suas respostas um conjunto de informação qualitativa, pois os alunos podem expressar as suas opiniões relativamente à informação desejada. Este tipo de resposta dá uma “*informação mais rica e detalhada e, por vezes, inesperada*” (Hill & Hill, 2009), enquanto que este tipo de questionário poderá ser útil quando o investigador não dispõe “*de muita literatura sobre o tema de investigação ou quando a literatura não dá indicação das variáveis mais relevantes*” (Hill & Hill, 2009). Por outro lado, as respostas a questões fechadas transmitem informação pouco rica, conduzindo a conclusões muito simples (Hill & Hill, 2009) e, consequentemente, os resultados apresentam-se muitas vezes como simples



descrições, desprovidos de elementos de compreensão penetrantes (Quivy & Campenhoudt, 2008).

Neste sentido, na construção do teste diagnóstico foram consideradas três partes (três grupos de respostas), nas quais se pretendiam conhecer as concepções dos alunos relativamente:

- primeira parte (grupo 1): aos conceitos associados às reações nucleares, suas características e tipos de reações nucleares;
- segunda parte (grupo 2): às potencialidades e riscos da energia nuclear e suas aplicações;
- terceira parte (grupo 3): aos conceitos de radioatividade/ radiação nuclear e suas aplicações.

O teste foi construído com base no programa curricular de Física e Química do 10º ano (DES, 2001), no subtema “Arquitetura do Universo”. As finalidades que se pretendiam atingir com o teste diagnóstico encontram-se definidas no Quadro 2.

Quadro 2 - Finalidades do teste diagnóstico

Finalidades		
Teste diagnóstico	Antes da aplicação das estratégias de ensino e aprendizagem em estudo	<ul style="list-style-type: none">• Identificar as concepções dos alunos sobre reações nucleares.• Avaliar as posições dos alunos sobre as potencialidades e riscos na utilização deste recurso energético em termos sociais, ambientais, económicos e tecnológicos.• Compreender as concepções dos alunos relativamente ao tema das radiações nucleares e suas aplicações.
	Após as finalidades da estratégia de ensino aprendizagem em estudo	<ul style="list-style-type: none">• Permitir avaliar as concepções dos alunos relativamente ao tema das reações nucleares.• Avaliar a evolução das posições/crenças dos alunos relativamente à utilização da energia nuclear, radioatividade e suas aplicações.



Para além das finalidades gerais que se pretendiam com a aplicação do teste diagnóstico, foram definidos objetivos específicos para cada uma das questões que se encontram no quadro 3.

Quadro 3 - Objetivos contemplados no teste diagnóstico

Grupo	Conceitos	Objetivos	Questões
1	Caraterísticas das reações nucleares. Tipos de reações nucleares. Diferenças entre reações nucleares e reações químicas	Verificar se os alunos são capazes de:	
		• Identificar as caraterísticas das reações nucleares.	1
		• Distinguir reações de fusão e fissão nuclear.	2
		• Relacionar a fusão nuclear às reações que ocorrem na formação dos elementos e a fissão nuclear às reações que ocorrem nas centrais nucleares.	3
2	Aplicações da energia nuclear	• Distinguir reações químicas de reações nucleares	4
		• Associar os fenómenos nucleares a diferentes aplicações como a produção de eletricidade.	5
		• Avaliar a posição dos alunos relativamente às potencialidades e riscos da utilização da energia nuclear, em termos económicos, sociais, tecnológicos e ambientais.	6
			7
			8
		• Compreender a posição dos alunos relativamente à possibilidade de instalação de uma central nuclear em Portugal.	9
3	Radiação nuclear e radioatividade		10
		• Avaliar o conhecimento dos alunos relativamente às diferentes aplicações da radioatividade.	11
			12
			13
		• Verificar se os alunos identificam no espectro eletromagnético a radiação emitida nas reações nucleares.	14
			15
			16



3.4.2. Questionário de Opinião

O questionário de opinião foi elaborado (Anexo B) tendo por base o questionário de opinião usado por Batista (2010), no âmbito de um estudo sobre os efeitos de um ensino orientado para Aprendizagem por Resolução de Problemas.

Com este questionário pretendia-se avaliar o grau de satisfação/insatisfação dos alunos, diagnosticar os seus sentimentos e perceções e, ainda, promover a sua reflexão, bem como da professora investigadora, sobre as vantagens e desvantagens das estratégias implementadas na aprendizagem dos conteúdos lecionados.

Nas questões 1 e 6 foi utilizada uma escala tipo Lickert, não direcional, com cinco graus, que variam entre “*discordo plenamente*” e “*concordo plenamente*”. A opção por esta escala deveu-se ao facto de ser uma escala de fácil construção, rápida aplicação e de compreensão acessível para quem a utiliza. Optou-se por cinco graus por se considerar, de acordo com Moreira (2004), que quanto maior o número de alternativas de resposta, maior a quantidade de informação fornecida. Por outro lado, se o número de alternativas for muito elevado, os ganhos em termos de informação são mínimos, dado que desta forma pode ser difícil optar-se entre dois graus consecutivos da escala. Acresce que, ao utilizar os cinco graus, incluindo o grau de imparcialidade, “*Não concordo, nem discordo*”, permite aos alunos que não têm opinião formada também responder, sem ter de os forçar a optar por uma alternativa não compatível com a sua opinião (Moreira, 2004; Schumacher & McMillan, 1997). As questões referidas tinham como objetivo indagar a opinião dos alunos relativamente às estratégias implementadas, à forma como estas poderão ter influenciado a sua aprendizagem, bem como o seu contributo para se tornarem cidadãos mais esclarecidos e conscientes das potencialidades e riscos da tecnologia nuclear.

Na questão dois pretendia-se averiguar o grau de satisfação/insatisfação dos alunos com a metodologia usada. A escala utilizada nesta questão também é não direcional, com cinco graus que variam entre “*Gostei muito*” e “*Detestei*”.

A questão 3 tinha como objetivo detetar possíveis obstáculos à aprendizagem dos fenómenos nucleares, havendo por isso apenas duas opções: “*senti dificuldades*” e “*não senti dificuldades*”. Ao indicarem a opção “*senti dificuldades*”, era pedido aos alunos que justificassem o motivo, na questão 4.

Na questão 5 também se optou por uma escala de cinco graus, mas neste caso direcional, que varia entre o “*Nada*” e o “*Muito*”, de forma a aferir o que pensam os alunos



relativamente às atividades desenvolvidas na aula e em que medida os ajudaram no desenvolvimento de determinadas capacidades, assim como na tomada de consciência de certos aspetos relativos a atitudes e tarefas a desempenhar.

Com a questão 7 pretendia-se que os alunos manifestassem a sua opinião em relação a aspetos positivos e negativos desta abordagem de ensino, assim como o que mudariam, ou não, nestas aulas. Finalmente, na questão 8, solicitava-se que os alunos expressassem as suas ideias, convidando-os a escrever comentários e opiniões sobre a perspetiva de ensino implementada. Estas duas questões, em conjunto com a questão 2, pretendem averiguar sobre a apreciação que os alunos fazem da perspetiva de ensino e aprendizagem aplicada. A opção por diferentes tipos de questões, abertas e fechadas, com o mesmo objetivo, dá a possibilidade aos alunos de referirem aspetos que, eventualmente, não tinham sido contemplados ou que não foram abordados da forma de que gostariam.

3.5. Desenvolvimento do Estudo

3.5.1. Aplicação dos documentos de IDC como elementos de intervenção no estudo

A tecnologia nuclear é um tema atual, interessante, controverso e capaz de suscitar discussões sobre as suas potencialidades e riscos, permitindo desenvolver estratégias de ensino e aprendizagem que estabeleçam relações entre Ciência – Tecnologia – Sociedade e Ambiente (CTS-A). As questões controversas podem ser abordadas por meio de debates ou discussão em sala de aula. Segundo Reis (2003), *“as atividades de discussão foram concebidas de forma a motivarem a participação e o envolvimento dos alunos ...”*.

Neste sentido, a proposta de intervenção que elaborámos e desenvolvemos insere-se na unidade didática *“Das Estrelas ao Átomo”*, do programa curricular do 10º ano, com conteúdos de Química Nuclear no âmbito do estudo das reações que ocorrem na formação dos elementos químicos, características das reações nucleares e suas aplicações.

O estudo foi pensado para ser organizado e implementado em três etapas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento (Silva & Terrazzan, 2006). A primeira etapa correspondeu à problematização inicial, onde se pretendia, através de questões orientadoras, identificar algumas concepções dos alunos sobre



as reações de formação dos elementos. A segunda etapa, organização do conhecimento, tinha como finalidade a construção do conhecimento científico sobre o tema em estudo e, por último, na terceira etapa, sistematização do conhecimento, pretendia-se que os alunos desenvolvessem e aprofundassem o conhecimento adquirido através da discussão participativa e tomada de decisões em questões controversas relativas às potencialidades e riscos da energia nuclear.

A aplicação da sequência didática organizada para este estudo foi planificada e realizada no primeiro período durante seis sessões, correspondentes a quatro aulas de 90 min e duas aulas de 135 min, de acordo com a organização curricular da disciplina de Física e Química para o 10º ano.

No quadro 4 encontram-se descritas as atividades desenvolvidas nas duas primeiras etapas.



Quadro 4 - Atividades desenvolvidas

Etapas	Atividades Desenvolvidas	Objetivos
Problematização Inicial	<ul style="list-style-type: none">• Apresentação da situação-problema aos alunos através da promoção de um pequeno debate no grupo/turma, com base nas questões orientadoras:<ul style="list-style-type: none">➤ <i>Qual o significado da expressão “todos somos pó de estrelas”?</i>➤ <i>Como e onde se formam os elementos químicos?</i>➤ <i>Que tipo de reações envolve a formação dos elementos químicos?</i>• Levantamento das hipóteses apresentadas pelos alunos sobre os conceitos apresentados	<ul style="list-style-type: none">• Compreendam e descrevam o processo de formação dos elementos químicos no Universo através de reações de fusão nuclear;• Distingam reação nuclear de fusão e reação nuclear de fissão;
Organização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none">• Visualização de um vídeo “<i>Todos somos poeira das Estrelas</i>”• Desenvolvimento do trabalho de grupo com base em textos (Anexo C) para dar resposta às questões:<ul style="list-style-type: none">➤ <i>Serão as reações nucleares que ocorrem nas estrelas do mesmo tipo das que ocorrem em centrais nucleares?</i>➤ <i>Que tipo de partículas estão envolvidas numa reação nuclear?</i>➤ <i>Qual a diferença entre uma reação nuclear e uma reação química?</i>• Discussão dos textos no grande grupo para confrontar com as hipóteses anteriormente levantadas e identificar os conceitos físicos das reações envolvidas na formação de elementos químicos.• Sistematização de ideias através da apresentação do powerpoint “<i>reações nucleares</i>” (Anexo G)	<ul style="list-style-type: none">• Distingam reações químicas de reações nucleares através do tipo de partículas e ordens de grandeza das energias envolvidas;• Associe os fenómenos nucleares a diferentes contextos de utilização, como por exemplo, produção de energia elétrica, datação, meios de diagnóstico e tratamento médico.



As atividades didáticas planificadas e implementadas foram estruturadas com base na utilização de documentos de IDC apresentados aos alunos, que serviram de base ao seu trabalho de pesquisa, quer na fase de organização do conhecimento, quer na fase de aplicação de conhecimento. No sentido de contemplar elementos que conduzissem ao nosso objetivo geral, seleccionámos um conjunto de documentos de IDC que despertasse curiosidade nos alunos, promovesse a discussão e o desenvolvimento de uma atitude positiva face a questões socialmente controversas, ao mesmo tempo que se buscava uma aprendizagem significativa dos conteúdos lecionados. Os documentos de IDC utilizados no estudo encontram-se descritos no quadro 5, assim como as temáticas em que estes documentos foram implementados.

Quadro 5 - Documentos de IDC implementados no estudo (Anexo C)

Documentos de Informação de Divulgação Científica	Temática
<ul style="list-style-type: none">• “<i>como construir o Universo...</i>”, adaptado de “Breve História de Quase Tudo” de Bill Bryson• Vídeo “<i>todos somos poeira das estrelas</i>” em http://www.youtube.com/watch?v=Xuc3SzN67mk• “<i>dos núcleos às estrelas</i>”, adaptado de Nova Física Divertida de Carlos Fiolhais.• “<i>Fusão nuclear: Cientistas tentam reproduzir energia do Sol em laboratório</i>”, adaptado: http://www.tvciencia.pt/tvctec/pagtec/tvctec03.asp?codtec=40021	Reações nucleares de fusão na formação dos elementos químicos nas estrelas e após o Big Bang; Reações nucleares de fusão e fissão
<p>“<i>Energia nuclear: Salvação ou catástrofe iminente</i>”, adaptado da revista Quero Saber, nº 2, Novembro de 2010.</p> <p>“<i>Reactores nucleares de cisão: presente e futuro</i>”, adaptado de Gazeta da Física, vol. 32, N. 1, pág. 22 - 26</p> <p>“<i>Radiação nuclear e suas aplicações</i>”, adaptado de Quero Saber, Maio, 2011</p>	Aplicações da energia nuclear e radiação nuclear; Potencialidades e riscos da energia e radiação nuclear



3.5.2. Questões sócio científicas em debate

A promoção da educação para a cidadania dos nossos alunos deve ser encarada como um meio de desenvolvimento da sua capacidade de compreensão e intervenção na sociedade, de valorização da diversidade cultural e de uma educação inclusiva. Pretende-se uma educação que promova o desenvolvimento de competências de negociação, de debate, de intervenção participativa e responsável na sociedade (Bettencourt *in* Sanches, 2009).

A discussão em torno de temas sociais envolvendo questões de natureza científica gera todo um percurso de aprendizagem que contempla questões políticas, éticas, ambientais, económicas e culturais e estas práticas têm sido cada vez mais defendidas no processo de aprendizagem, por permitirem aos alunos tomar posições fundamentadas. As questões controversas podem ser tratadas por meio de debates ou discussões e culminar num processo de decisão ou posicionamento face ao tema em discussão. No entanto, para uma tomada de decisão consciente, é necessário conhecer os aspetos científicos e tecnológicos associados ao tema em análise e, assim, compreender as suas potencialidades e riscos.

Com base nos pressupostos anteriores e como forma de aplicação do conhecimento adquirido em etapas anteriores, propusemos uma atividade didática em que se pretendia o desenvolvimento de competências para uma cidadania consciente e interventiva, através da realização de um debate: “**Energia nuclear, radiação nuclear: potencialidades e riscos**” (Anexo D).

Para a concretização da atividade proposta, os alunos foram divididos em cinco grupos de quatro a seis elementos. Os elementos de cada grupo de intervenção assumiram o papel de um sector da sociedade, como políticos, ambientalistas, cientistas/investigadores, médicos/profissionais de saúde e cidadãos comuns. A necessidade de representar diversos setores da sociedade auxilia tanto na compreensão do processo de decisão como na consciência da necessidade da participação do cidadão comum. Os grupos de alunos receberam orientações gerais sobre a atividade e também orientações específicas para cada papel a desempenhar, de forma a direcionarem a pesquisa. A pesquisa dos grupos teve como orientação os documentos de IDC fornecidos pela professora investigadora, para além de sua própria investigação.



Esta atividade é similar ao jogo de papéis ou *role play* (Parisi, 1986; Reis, 2003), no qual os alunos assumem personagens e incorporam as suas opiniões e ações. O carácter investigativo e de discussão destas atividades didáticas tem, segundo Reis (2003), a finalidade de promover:

- a) o conhecimento científico dos alunos;
- b) o desenvolvimento de competências cognitivas, tais como análise de informação, formulação de hipóteses, argumentação, análise e avaliação de argumentos e tomada de decisões;
- c) o desenvolvimento de competências sócio afetivas, como a cooperação, a autoestima, o envolvimento na turma e nas atividades escolares.

Os papéis sociais desempenhados pelos alunos encontram-se descritos a seguir.

- a) **Cidadão comum /estudante** – com este papel pretendíamos que se investigassem e questionassem os outros sectores de atividade sobre o impacto da utilização da energia e radiação nuclear nas suas vidas quotidianas, para que compreendessem as potencialidades e riscos que se encontram associados aos fenómenos nucleares, de forma a poder tomar decisões fundamentadas e esclarecidas sobre esta problemática.
- b) **Político** – neste papel, os alunos devem procurar os benefícios e problemas trazidos para a comunidade, decorrentes da instalação de uma central termonuclear, como o desenvolvimento económico, o impacto social e ambiental nas populações, bem como os riscos de acidentes ou o tratamento do lixo nuclear.
- c) **Cientista/investigador** – este grupo de alunos deveria investigar os efeitos da radiação nuclear nos seres vivos e os desafios colocados à ciência no sentido de minimizar os efeitos negativos da exposição à radiação nuclear, assim como os progressos científicos, no sentido de diminuir esses efeitos. Pretendíamos, também, que se investigasse sobre radioatividade natural e artificial e o seu impacto no ambiente e nos seres vivos.
- d) **Ambientalista** – neste papel, a dimensão da pesquisa centra-se ao nível dos impactos ambientais resultantes da instalação de uma central termonuclear. Por um lado,



existem riscos potenciais de contaminação radioativa ou de acidentes nucleares, mais ou menos graves; por outro lado, as centrais term nucleares permitem a redução da emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera, nomeadamente o dióxido de carbono, CO₂, e respondem às necessidades de energia elétrica na sociedade atual.

- e) **Médico / profissional de saúde** – a radioatividade e energia nuclear têm inúmeras aplicações sociais, particularmente na área de medicina. Este grupo de alunos deveria investigar as aplicações da radioatividade em termos do diagnóstico e tratamento médico, nomeadamente na deteção e tratamento de doenças cancerígenas. Mas, mesmo em aplicações úteis existem riscos associados ao seu uso, pelo que interessa conhecer quais são.

Esses papéis foram selecionados pensando-se nas diversas dimensões em que os alunos poderiam estar envolvidos, e que envolviam contextos e problemáticas sociais, políticas e económicas, científicas e ambientais. Os alunos escolheram o setor da sociedade com que mais se identificavam.

Quadro 6 - Atividade desenvolvida na terceira etapa

etapa	Atividade desenvolvida	Objetivos
Sistematização do conhecimento	<ul style="list-style-type: none">➤ Representação de papéis - Energia nuclear, radiação nuclear: potencialidades e riscos.➤ Apresentação do trabalho de investigação através da realização de um debate sobre as potencialidades e riscos da energia nuclear, radiação nuclear e suas aplicações.	<ul style="list-style-type: none">• Analisar as potencialidades e riscos da utilização de energia nuclear e radiação nuclear em termos ambientais, económicos, sociais e políticos;• Promover a discussão, tomada de posições face a temas controversos.

No decorrer do debate, a professora investigadora apenas teve o papel de moderadora/orientadora, procurando criar um “*ambiente de respeito pelas opiniões*”



individuais, independentemente de serem banais e irrelevantes ou “inteligentes” e bem fundamentadas”, Reis (2003, p. 11).

3.6. Métodos de Análise de Dados

Os métodos de análise de tratamento e análise de dados foram adequados aos instrumentos de recolha de informação, aos objetivos de investigação e ao tipo de informação recolhida. Neste sentido, e dadas as características da informação recolhida, optámos pela análise de conteúdo, tendo-se recorrido à análise do tipo quantitativo, de forma a avaliar a frequência com que ocorrem algumas dimensões e análise estatística que permitiu visualizar de que modos se distribuem as respostas pelas categorias definidas antes e após a aplicação do estudo.

3.6.1. Análise das Informações Recolhidas no Teste Diagnóstico

O teste diagnóstico serviu como principal meio de recolha de informação, pois, partindo da análise das respostas dadas pelos alunos, permitiu compreender as conceções dos alunos que participaram no estudo relativamente ao tema dos fenómenos nucleares e suas aplicações.

Da interpretação das respostas das questões abertas procedeu-se a uma análise de conteúdo, que constitui *“um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permita a inferência de conhecimento relativos às condições de produção/recepção dessa mensagem”*, Bardin (2011, p. 404), na qual o analista procura compreender o sentido da comunicação e, principalmente, procurar outra significação ou mensagem (Bardin, 2011). Assim, foram identificadas as respostas ao teste e, posteriormente, categorizadas de forma a reduzir a subjetividade da análise das informações. Esta forma de apresentar os dados torna-se mais funcional, pois permite a organização das informações fornecidas e uma representação mais simplificada de todo o



conjunto de dados (Bardin, 2011). Após a recolha das informações, foi desenvolvida uma leitura interpretativa de todas as respostas e, dada a diversidade das respostas encontradas, estas foram agrupadas em categorias, para facilitar a análise e interpretação das mesmas. As categorias foram selecionadas em função da uniformidade dos conteúdos que apareceram nas respostas, através da identificação de ideias chave ou “*núcleos de sentido*”, Bardin (2011, p. 131), atribuídos às mesmas e em conexão com os objetivos de análise (Pardal & Lopes, 2011).

Tendo em vista o que foi exposto anteriormente, foram elaborados grupos de respostas dos alunos que as tornassem suscetíveis de uma categorização, de acordo com a dimensão/grupo em que a pergunta se inseria.

As respostas que continham aspetos que não se identificavam com as questões ou continham aspetos científicos rejeitados foram consideradas “**Resposta inconclusiva ou cientificamente incorreta**” (RI) e as questões para as quais se verificou ausência de resposta foram categorizadas como “**Não Respondeu**” (NR).

Nas restantes respostas de todas as questões, com exceção das questões 10 e 13, agruparam-se as categorias iniciais em categorias mais abrangentes, respetivamente:

Conceções do Senso Comum (SC) – aquelas que parecem não envolver conhecimento científico;

Conceções que se aproximam do Conhecimento Científico (ACC) – aquelas que envolvem alguns conhecimentos de natureza científica, mas com linguagem científica pouco adequada;

Conceções cientificamente corretas (CC) – aquelas que envolvem conhecimentos de natureza científica e apresentam linguagem científica correta.

Na análise das respostas à questão 10 foram consideradas as categorias anteriormente definidas, mas como se pretendia conhecer a posição dos alunos relativamente à construção de uma central nuclear, foram então definidas nas categorias:

Favor – a favor da construção da central

Favor com reservas – a favor da construção mas com algumas reservas

Contra – contra a construção da central



Não responde / não tem opinião – não responde

Para análise das respostas à questão 13, relativamente à utilização da radiação nuclear, definiu-se como categorias de resposta:

Malefícios – quando indicam que a radiação nuclear apenas traz prejuízos aos seres vivos

Benefícios – quando indicam que apenas traz benefícios aos seres vivos

Ambos – quando indicam que pode trazer benefícios e malefícios.

Acresce que, após a categorização das respostas, procedeu-se à determinação da frequência das mesmas, tendo-se efetuado procedimento semelhante para as restantes questões, produzindo um resultado que se optou por representar em gráficos e tabelas.

3.6.2. Questionário de Opinião

A análise do questionário de opinião foi feita de modo parcelar, de acordo com a sua natureza, visto englobar três partes.

A primeira parte, com duas questões, estava relacionada com a avaliação do método de ensino adotado e a sua eficácia. Na parte dois, que englobava as questões 3,4, 5 e 6, pretendia-se aferir sobre as atividades realizadas e dificuldades sentidas e diagnosticar o motivo dessas dificuldades. Finalmente, nas questões 7 e 9, os alunos expressam as suas opiniões sobre a forma como decorreram as aulas.

As respostas às primeiras seis questões deste questionário foram objeto de análise quantitativa, o que permitiu calcular a frequência absoluta em cada uma das opções que os alunos podiam assinalar. As respostas às questões 7 e 8 foram sujeitas a análise de conteúdo, sendo que as categorias foram definidas *à posteriori*, com base na uniformidade e diferenças entre as respostas dos alunos.



Capítulo 4

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS



4.1. Introdução

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos durante a realização do estudo empírico. Essa discussão será feita tendo em conta os objetivos de investigação, referidos no capítulo 1 e o enquadramento teórico referido no capítulo 2. Assim, o capítulo inicia-se com a apresentação e análise dos resultados do pré e pós teste diagnóstico (4.2), procedendo-se, de seguida, à mesma análise relativamente aos resultados obtidos na avaliação formal (4.3). No ponto (4.4), faz-se a apresentação e análise dos dados obtidos no debate realizado pelos alunos, com recurso a notas de campo e aos diários de aula. Por último, apresentam-se e analisam-se os resultados do questionário de opinião (4.5), acrescentam-se e analisam-se as opiniões dos alunos referentes ao método de ensino (4.5.1), das atividades desenvolvidas (4.5.2) e a apreciação global das aulas (4.5.3).

4.2. Análise dos Resultados do Teste Diagnóstico

Neste subcapítulo são apresentados e discutidos os resultados do teste diagnóstico (Anexo 1). O teste foi aplicado na turma antes (pré-teste) e após (pós-teste) a implementação de uma abordagem de ensino baseada na utilização de documentos de IDC para aprendizagem dos fenómenos nucleares e nas suas potencialidades e riscos. Com a sua aplicação antes da implementação da metodologia de ensino pretendia-se identificar as conceções dos alunos sobre a temática dos fenómenos nucleares. A sua aplicação depois da abordagem de ensino pretendia criar condições para avaliar a evolução conceptual dos alunos sobre o tema em estudo.

O objetivo da questão 1 era estabelecer uma relação entre os conteúdos temáticos a abordar, reações nucleares, e a formação elementos químicos, desde os primeiros que se formaram aquando da formação do Universo e nas estrelas. Da análise das respostas verifica-se que a maioria dos alunos identifica corretamente, quer no pré teste quer no pós teste, o hidrogénio, o hélio e pequena quantidade de lítio, tal como é referido no texto de apresentação. Apenas quatro alunos não respondem no pré teste e dois no pós teste.

Na questão 2, pretendia-se identificar as conceções dos alunos relativamente ao conhecimento conceptual associado a reações nucleares e, desta forma, verificar se os



mesmos relacionavam as reações nucleares a transformações que ocorrem no núcleo dos átomos, isto é, modificação de um ou mais núcleos atômicos, por fusão de partículas subatômicas (núcleos atômicos, prótons ou nêutrons) ou fissão de um dos núcleos, originando isótopos do mesmo elemento (alteração do número de nêutrons) ou átomos de diferentes elementos químicos (alteração do número de prótons). Neste sentido, foram consideradas na categoria de respostas cientificamente corretas todas aquelas que se aproximavam da definição científica de reação nuclear. Considerou-se que as respostas em que os alunos faziam referência apenas a reações que envolvem núcleos atômicos ou algo similar, entrariam na categoria de “*concepções aproximadas ao conhecimento científico*”.

Tabela 1 – Distribuição das respostas à questão 2 do teste diagnóstico por número de alunos

			Nº de alunos	
Questão	Categorias		Pré teste	Pós teste
O que entendes por reações nucleares?	Reações que se dão a temperaturas muito elevadas, envolvem grande quantidade de energia e as consequências são grandes	SC	3	2
	São explosões ou originam explosões	SC	5	1
	Reações que criam elementos e ocorrem a temperaturas muito elevadas	SC	2	1
	Formação de núcleos / envolvem os núcleos	ACC	2	0
	Reações entre os núcleos, formando novos elementos com libertação de energia	ACC	0	10
	Reações em que ocorre a formação de núcleos mais leves ou mais pesados quando dois núcleos se dividem ou fundem, libertando energia	CC	1	5
	Não sabe	NS	3	0
	Não Responde	NR	5	2
	Resposta inconclusiva ou cientificamente incorreta	RI	4	4

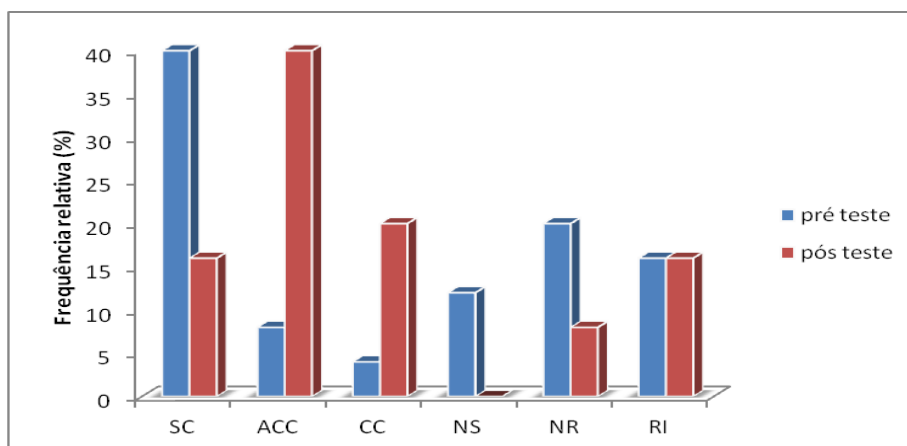


Gráfico 1 - Distribuição da frequência das respostas à questão 2

Observados os dados do gráfico 1, é possível constatar que antes da implementação da abordagem de ensino aprendizagem em estudo, a percentagem de alunos inseridos na categoria das “*concepções do senso comum*” se situava em 40%, a percentagem dos alunos que revelavam “*concepções cientificamente aceites*” era inferior a 10%, 20% não responde e 16 % indica que não sabe. Estes resultados vêm confirmar algumas pesquisas sobre concepções prévias dos alunos, muitos dos participantes no estudo vieram corroborar o que afirma Gutiérrez et al. (2000) e Sousa (2010), a associação das reações nucleares a situações catastróficas ou reações que ocorrem a temperaturas muito elevadas. Como efeito, muitas respostas situam-se ao nível do senso comum, sendo que os alunos parecem associar as reações nucleares a acidentes nucleares, nomeadamente o ocorrido em Fukushima, Japão, a 11 de Março de 2011, e bastante divulgado nos meios de comunicação social. Como se pode comprovar por algumas respostas dadas pelos alunos, “*as reações nucleares são explosões que acontecem devido ao imenso calor*” e “*reações nucleares entendo como uma espécie de explosão onde são libertados gases tóxicos para a atmosfera prejudiciais à saúde e muitos gases tóxicos podem mais tarde criar problemas de saúde como cancro. Essa explosão pode ser consequência de uma catástrofe natural (tsunami)*”⁴ ou “*Reações nucleares são explosões que libertam muito calor*”⁴. Também foram consideradas respostas ao nível de senso comum todas as que associavam as reações

⁴ [sic] – transcrições de respostas integrais dadas pelos alunos



nucleares apenas a temperaturas elevadas, como por exemplo, *“Reações nucleares são reações que ocorrem a temperaturas muito elevadas”* [sic].

É interessante verificar que apenas um aluno identificou corretamente o que se entendia por reação nuclear, ao afirmar que *“são reações que ocorrem ao nível do núcleo onde se observa que o produto formado por uma reação nuclear vai ter um número atômico maior ou menor que o inicial”* [sic]. No entanto, 8% dos alunos associa as reações nucleares a reações que envolvem o núcleo atômico ou a formação de elementos químicos, sem todavia explicitar de que forma, como é o caso da resposta *“reações nucleares são reações que envolvem o núcleo dos átomos”* ou *“Reações nucleares é a formação de núcleos, através da reação de dois ou mais átomos”* [sic], pelo que se considerou que este grupo de respostas revelava alguma aproximação ao conhecimento científico. É ainda de salientar que foram consideradas *“cientificamente incorretas”* respostas como *“reações nucleares consistem em interações de determinados elementos químicos cuja reação origina novas substâncias, em grande escala”* [sic] e *“reações nucleares são reações entre vários elementos químicos no núcleo de um deles”* [sic], por, neste caso, haver confusão entre substâncias químicas e núcleos atômicos, e *“inconclusivas”* quando não foi compreensível o sentido que o aluno pretendia dar à sua resposta, como por exemplo *“são reações com grandes consequências em pouco tempo”* [sic].

Após a implementação da abordagem de ensino e aprendizagem em estudo, verifica-se que não aparece nenhum aluno na categoria *Não Sei* e a percentagem de alunos que *Não responde* também diminui, passando para 8%. A percentagem de alunos inseridos na categoria de *conceções do senso comum* diminui, verificando-se que muitos alunos conseguem associar as reações nucleares a reações que envolvem núcleos atômicos, sem no entanto darem a resposta completa, daí terem sido inseridos na categoria *conceções que se aproximam do conhecimento científico*, como é o caso de um aluno que diz: *“uma reação nuclear é uma reação onde podemos formar novos elementos com libertação de energia”* [sic]. Verificou-se, no entanto, uma melhoria ao nível da estrutura das respostas dadas, aumentando, assim, o número de respostas na categoria *conceções científicamente aceites*, sendo exemplo a resposta de um aluno, *“Reações nucleares são reações entre núcleos, onde é libertada energia nuclear em forma de radiação. Existem dois tipos de*



reações nucleares: de fissão e fusão. Na primeira há “separação”⁵ de núcleos dando origem a elementos mais leves e na segunda há junção de núcleos mais leves para dar origem a elementos mais pesados” [sic].

A questão 3 tinha como objetivo interpretar as concepções dos alunos em relação às características das reações químicas, estudadas no Ensino Básico (DEB, 2001), e reações nucleares, e referissem fatores que permitissem distinguir os dois tipos de reações. Assim, foram categorizadas como *concepções cientificamente corretas (CC)* todas aquelas em que era feita referência a reações que se dão ao nível dos eletrões com a formação de novas substâncias, para as reações químicas, e envolvendo núcleos atômicos com transformação dos núcleos dos átomos/elementos para as reações nucleares. Aquelas em que apenas indicavam formação de novas substâncias, para as reações químicas e envolvendo núcleos atômicos, para as reações nucleares, inseriram-se na categoria de *concepções aproximadas ao conhecimento científico (ACC)*. As outras respostas foram categorizadas como *concepções do senso comum* ou *resposta inconclusiva / cientificamente incorreta (RI)*. Os resultados revelaram que a maior percentagem de respostas no pré teste foi no sentido de caracterizarem as reações químicas como reações que ocorreram nos laboratórios, manipuladas pelo Homem ou de menores dimensões, enquanto associaram as reações nucleares a reações naturais, explosões ou de maiores dimensões, respostas mais no âmbito do senso comum com uma percentagem de 36 %, dos quais são exemplo as seguintes repostas dadas por alunos: “*Reação nuclear é o resultado de uma explosão com elementos de grande perigo e reações químicas são reações que ocorrem no dia-a-dia*” ou “*reação química normalmente ocorre nos laboratórios com um objetivo e reações nucleares ocorrem na natureza só quando as partículas reagem com outras (não programado)*” [sic]. Saliente-se ainda que a percentagem de alunos que indica não saber ou não responde é, também, de 36 % e nenhum aluno atinge a categoria de *concepção cientificamente aceite*, significando que os alunos apenas aproximam o seu conhecimento a *concepções aproximadas ao conhecimento científico*, como por exemplo, “*nas reações químicas ocorre a junção de dois ou mais elementos, enquanto nas reações nucleares há o corte ou junção de núcleos*” [sic].

⁵ Aspas do original

**Tabela 2 - Distribuição das respostas à questão 3 do teste diagnóstico por número de alunos**

Questão	Categorias		Nº de alunos	
			Pré teste	Pós teste
Diferença entre reações Químicas e Reações Nucleares	Reações químicas são reações comuns no laboratório e reações nucleares resultam de explosões ou são naturais (estrelas)	SC	2	1
	Dimensão das reações químicas menor que das reações nucleares	SC	2	1
	Nas reações químicas a temperatura é baixa e nas reações nucleares é muito elevada	SC	2	2
	Reações químicas não prejudicam o ambiente e reações nucleares resultam de explosões	SC	3	0
	Reação química processo lento e reação nuclear processo rápido	SC	0	1
	Reação química envolve elementos e reação nuclear envolve os núcleos	ACC	3	7
	Reações químicas não há formação de elementos novos e nas reações nucleares formam-se novos elementos	CC	0	2
	Não sabe	NS	2	0
	Não responde	NR	7	2
	Resposta inconclusiva ou incorreta	RI	4	10

Repostas como “uma reação química é quando núcleos de elementos mais leves se juntam para formar elementos mais pesados e estáveis e que ocorrem a baixas temperaturas; uma reação nuclear é quando núcleos mais pesados e instáveis se dividem formando elementos mais leves e estáveis e ocorre a elevadas temperaturas” ou “as diferenças são, por exemplo, a obtenção de energia a partir de reação nuclear o que não acontece numa reação química” [sic] foram consideradas na categoria de *respostas incorretas e inconclusivas*, dado que os alunos, na primeira, estão a identificar os dois tipos



de reações nucleares (fusão e fissão nuclear) e nas reações químicas exotérmicas também há libertação de energia.

Por outro lado, no pós teste aumenta o número de alunos que apresenta concepções aproximadas ao conhecimento científico, sendo por exemplo, “*na reação química existe agrupamento de elementos enquanto as reações nucleares há a desintegração ou a formação de novos elementos*” [sic], contudo aumenta significativamente o número de alunos com respostas cientificamente incorretas ou inconclusivas. A análise dos dados a esta questão poderá indicar que não houve aprendizagem significativa dos conceitos associados às características das reações nucleares e reações químicas, não permitindo aos alunos estabelecer comparações ou diferenças entre elas.

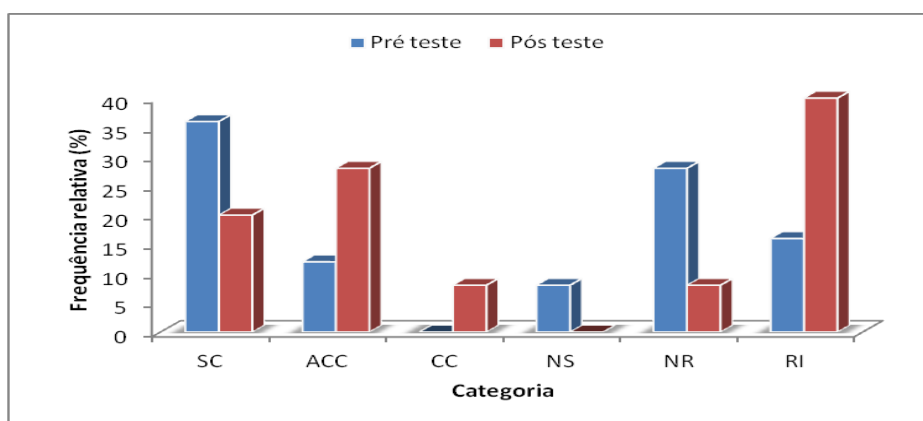


Gráfico 2 - Distribuição da frequência das respostas à questão 3

Na questão 4, pretendia-se que os alunos associassem fissão nuclear ao tipo de reações que ocorre nas centrais nucleares e a fusão a reações nucleares que ocorrem nas estrelas. Para isso, os alunos tinham, inicialmente, duas opções, SIM e NÃO, caso considerassem que se tratava de reações do mesmo tipo ou de tipos diferentes. Para os alunos que indicassem tratar-se de reações nucleares de tipos diferentes, era-lhes solicitado que referissem em que diferiam as reações nucleares que ocorrem nas estrelas, daquelas que ocorrem habitualmente nas centrais nucleares.

Como se pode observar na tabela 3, o número de alunos que indica corretamente que são reações de diferentes tipos é sempre superior aos que dizem tratar-se do mesmo tipo de reações nucleares. No entanto, do pré teste para o pós teste aumenta a percentagem de alunos que considera tratar-se de reações nucleares de diferentes tipos, passando a



frequência relativa de 52% (pré teste) para 76% (pós teste), como se pode constatar no gráfico 3. Estes resultados poderão significar que houve aprendizagem conceptual dos alunos relativamente aos conceitos abordados, visto que mais alunos conseguem associar corretamente a diferença entre o tipo de reações nucleares que ocorre, verificando-se, também, que o número de alunos inserido na categoria *Não Responde (NR)* diminuiu.

Tabela 3 - Distribuição das respostas à questão 4 do teste diagnóstico por número de alunos

		Nº de alunos	
Questão	Opção	Pré teste	Pós teste
As reações nucleares que ocorrem nas centrais nucleares e nas estrelas são do mesmo tipo?	Sim	10	6
	Não	13	19
	Não responde	2	0

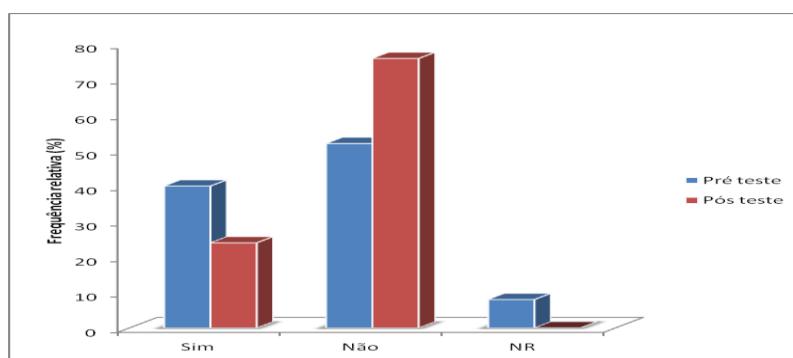


Gráfico 3 - Distribuição da frequência das respostas à questão 4

Relativamente aos alunos que referem haver diferenças entre o tipo de reações que ocorre nas estrelas e nas centrais, constata-se que no pré teste apenas um aluno dá uma resposta que se insere na categoria *cientificamente correta (CC)*, correspondendo a uma frequência de 4%, em que diz: “nas centrais nucleares existe a reação de fissão nuclear, formação de núcleos mais pequenos, e nas estrelas é a reação de fusão, formando núcleos maiores” [sic]. Pela observação dos dados constata-se que, no pré teste, para a maioria dos participantes no estudo essa diferença na natureza das reações é devida à intervenção do



homem, no caso das reações nas centrais, ou na sua maior ou menor “dimensão” (maior “dimensão” nas estrelas), como é exemplo de alunos que indicam: “*Nas estrelas as reações acontecem sem interferência do homem. Nas centrais nucleares acontecem devido ao homem*” [sic] ou “*As reações nucleares que ocorrem nas estrelas têm uma intensidade e dimensão muito maior*” [sic], pelo que foram categorizadas em *concepções do senso comum* (SC), como se pode ver na tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição das justificações à questão 4 por número de alunos do teste diagnóstico

			Nº de alunos	
Categoria			Pré teste	Pós teste
Justificação do Não	Nas centrais nucleares as reações dão-se por ação do Homem e nas estrelas são naturais	SC	4	0
	Reações nucleares nas estrelas têm maior intensidade/dimensão comparativamente com as reações das centrais	SC	4	2
	Diferem na quantidade de energia	SC	0	2
	Nas centrais ocorrem reações de fissão nuclear e nas estrelas ocorre fusão nuclear	CC	1	8
	Não Sabe	NS	1	0
	Não responde/justifica	NR	1	5
	Resposta inconclusiva ou cientificamente incorreta	RI	2	2

Relativamente ao pós teste, aumenta o número de alunos que associa corretamente a fusão nuclear ao tipo de reações que ocorre nas estrelas e a fissão nuclear às reações que ocorrem nas centrais nucleares, como atestam a resposta: “*As reações que ocorrem nas centrais são de fissão, ou seja, quando núcleos maiores e mais instáveis se dividem e*



formam núcleos mais pequenos e estáveis. Nas estrelas dão-se reações de fusão, onde elementos mais leves se juntam para formar elementos mais pesados” [sic]. No entanto, o número de alunos que não apresenta justificação aumenta no pós teste, passando de um (no pré teste) para cinco (no pós teste). Esta situação poder-se-á dever ao facto de se tratar de um teste diagnóstico e, como tal, não ter consequências ao nível da avaliação formal dos alunos participantes no estudo, diminuindo, assim, o carácter de obrigação de responderem a todas as questões.

No segundo grupo de questões pretendia-se inferir as concepções dos alunos relativamente às aplicações da energia nuclear, suas potencialidades e riscos. A tecnologia nuclear é, muitas vezes, associada a problemas ambientais, contaminação radioativa ou acidentes nucleares graves, como aconteceu com Chernobyl e Fukushima, suscitando inquietação pública, mas também inúmeras aplicações. Como interpretam os alunos as informações que lhes chegam através dos meios de comunicação, que juízos de valor fazem relativamente a esta fonte de energia e quais os riscos e vantagens que conhecem da utilização da energia nuclear era o objetivo deste grupo de questões. Dada a similaridade das repostas apresentadas pelos alunos foi decidido agrupá-las de acordo com os objetivos das questões. Assim, foram analisadas simultaneamente as repostas à questão 5, **Q5**, onde se pretendia conhecer a opinião dos alunos relativamente a vantagens da energia nuclear comparativamente com os combustíveis fósseis e à questão 6, **Q6**, com a qual se pretendia analisar a sua posição sobre as vantagens ambientais desta forma de energia. As respostas categorizadas encontram-se na tabela 5.

**Tabela 5 - Distribuição das respostas às questões 5 e 6 do teste diagnóstico por número de alunos**

Categoria		Nº de alunos			
		Q5		Q6	
		Pré teste	Pós teste	Pré teste	Pós teste
Diminuição do aquecimento global/diminuição da emissão de gases com efeito de estufa	CC	4	4	3	7
Menos poluente para o ambiente	SC	1	5	6	8
Mais barata / baixo custo	SC	3	5	0	0
Mais eficiente / elevado poder energético	ACC	2	4	0	1
Outras aplicações: saúde, extermínio de pragas	ACC	0	0	0	2
Alternativa aos combustíveis fósseis	ACC	2	2	1	2
Não apresenta efeitos positivos	NP	2	0	2	1
Não responde	NR	3	2	4	3
Não sabe	NS	1	0	4	0
Não se esgota	RI	6	3	2	1
Resposta Inconclusiva	RI	1	0	3	0

Analisando a distribuição das respostas dadas relativamente às potencialidades da energia nuclear, quer como recurso energético comparativamente com outras fontes (questão 5), quer em termos ambientais (questão 6), observa-se que 24 % dos alunos no pré teste (total das respostas nas questões 5 e 6) associa as vantagens das reações nucleares ao “*facto de ser inesgotável*” ou “*a energia nuclear é renovável, nunca se acaba*” [sic], constituindo *concepções cientificamente incorretas*, **RI**, atendendo a que as fontes usadas nas centrais termonucleares (urânio ou plutónio) são recursos minerais limitados e esgotam-se com a sua utilização, pelo que as respostas foram categorizadas como *concepções cientificamente incorretas*. No entanto, a energia libertada na fissão de uma pequena quantidade de urânio é equivalente à combustão de milhares de toneladas de derivados do petróleo



(combustíveis fósseis), tornando o processo de produção de energia elétrica mais eficiente e rentável. Este facto é mostrado quando os alunos referem que “*uma das vantagens é a formação de muita energia com pouca matéria*” [sic] (no pré teste), o que evidencia o poder energético associado aos combustíveis nucleares.

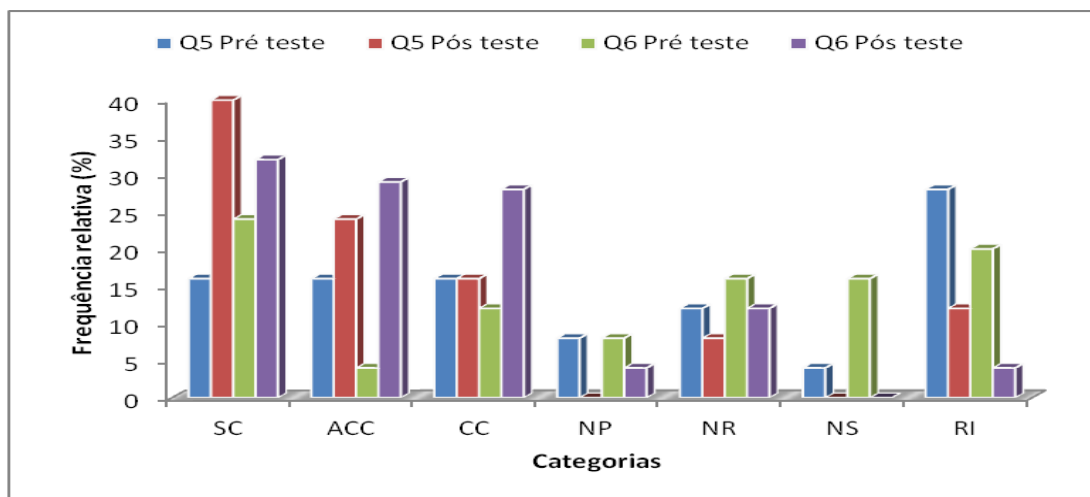


Gráfico 4 - Distribuição da frequência das respostas às questões 5 e 6

Verifica-se que o número de alunos que identificou a eficiência energética associada aos combustíveis nucleares aumentou do pré para o pós teste. Os alunos assinalam, ainda, como vantagens, o baixo custo da energia nuclear, como é exemplo a resposta de um aluno, “*a energia nuclear é mais barata que os combustíveis fósseis*” (pré teste e pós teste) e a menor poluição ambiental, “*a energia nuclear é uma alternativa não poluente para os combustíveis fósseis*” [sic] (pós teste questão 5) ou “*ao utilizar a energia nuclear que é menos poluente que os combustíveis fósseis iremos preservar o ambiente*” [sic] (pré teste, questão 6). Nestas respostas os alunos não consideram a possibilidade de emissões radioativas e dos resíduos radioativos decorrentes do processo de produção e que, além disso, os custos de instalação e de produção de uma central termonuclear são bastante elevados. Estas respostas foram categorizadas *concepções do senso comum (SC)*, pelo facto de estar implícita a ideia de eficiência energética dos combustíveis nucleares e redução da emissão de gases com efeito de estufa (considerada concepção cientificamente correta).

A questão 7 foi concebida para que os alunos indicassem algumas das consequências associadas em termos ambientais a um acidente nuclear. Com a questão 9, pretendia-se



conhecer as concepções dos alunos relativamente aos riscos e desvantagens em termos sociais, económicos ou políticos. Optou-se, tal como anteriormente, por agrupar estas duas questões, dada a similaridade das questões e respostas obtidas.

Tabela 6 - Distribuição das respostas das questões 7 e 9 do teste diagnóstico por número de alunos

Categoria		Nº de alunos			
		Q7		Q9	
		Pré teste	Pós teste	Pré teste	Pós teste
Perigosa para a saúde humana e seres vivos	SC	0	0	4	4
Usada em armamento	SC	1	1	0	0
Perigosa para o ambiente em caso de acidente nuclear / catástrofe ambiental	ACC	15	16	1	4
Acidentes nucleares podem causar graves problemas na saúde humana: doenças cancerígenas, deformações genéticas ou morte	ACC	3	1	8	4
Acidentes originam emissões radioativas para o meio ambiente	CC	1	2	0	0
Emissões radioativas contaminam o meio ambiente e seres vivos	CC	0	3	6	9
Não responde	NR	3	1	4	3
Resposta Inconclusiva	RI	2	1	2	1

Relativamente à questão 7, no pré teste e no pós teste, a maioria dos alunos (quinze no pré teste e dezassete no pós teste) referiram o facto de ser perigosa para o meio ambiente em caso de acidente, como sugerem as respostas dos alunos: “*a energia nuclear é muito prejudicial para o meio ambiente*” [sic] (do pré teste) e “*a energia nuclear faz mal ao ambiente, quando ocorre uma explosão de uma central nuclear tudo é destruído*” [sic] (do



pós teste). No pré teste três alunos associam a energia nuclear a problemas de saúde humana, sem no entanto fazerem referência à contaminação radioativa, responsável pelo aumento de doenças do foro cancerígeno, deformações genéticas e a morte. Contudo, no pós teste aumenta o número de alunos que relacionam as desvantagens ambientais com a contaminação radioativa.

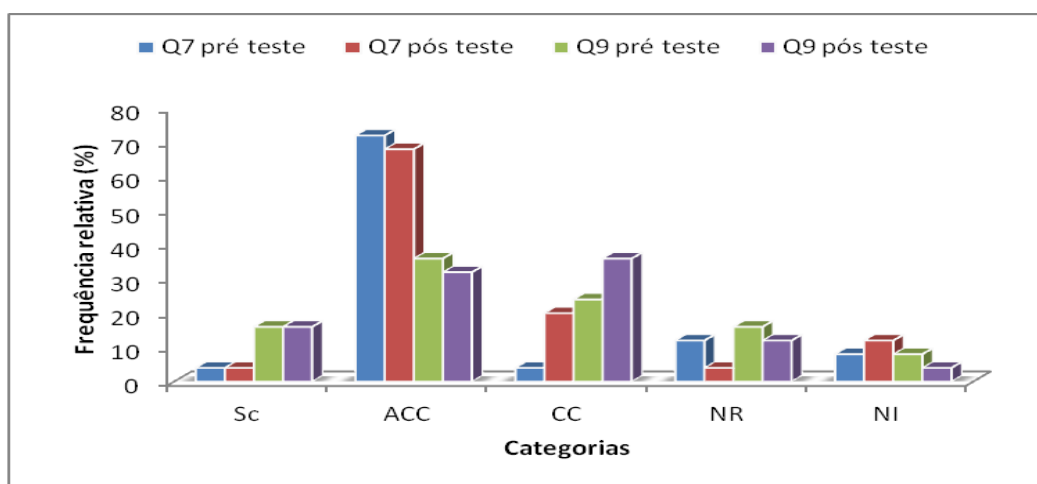


Gráfico 5 - Distribuição da frequência das respostas às questões 7 e 9

Comparando com as respostas da questão 9, verifica-se que o número de alunos que associa os efeitos negativos à contaminação radioativa é superior, quer no pré teste (com 24 % de frequência das respostas) quer no pós teste (com 36% de frequência nas repostas), sendo exemplo as respostas: “*A possível expansão da radioatividade libertada pela reação nuclear por todo o mundo*” [sic] (pré teste) e “*emissão de radioatividade, prejudicial à saúde humana e contaminação de outros seres vivos*” [sic] (pós teste). Em ambas as questões mantém-se a tendência dos alunos em associar as consequências de um acidente aos problemas causados na saúde humana como deformações genéticas, “*Caso aconteça uma explosão em alguma central nuclear, o excesso de radioatividade a que as pessoas e o ambiente ficam expostos, é muito elevado, provocando nas pessoas a morte ou deformações corporais, etc*” [sic] (pré teste) e “*os locais onde ocorre um acidente nuclear fica inabitável devido às altas radiações nucleares e podem provocar deformações genéticas nos seres vivos*” [sic]. É de salientar a justificação dada por um aluno que associa os riscos da energia nuclear à possibilidade de “*utilizarem essa energia para outros fins, por exemplo, para produzir bombas nucleares ou outro tipo de terrorismo que afeta a*



natureza e a saúde dos seres vivos” [sic] (pré teste), mantendo a mesma tendência de resposta no pré e pós teste.

Da análise às respostas anteriores pode-se, então, concluir que os alunos apresentam concepções aproximadas ao conhecimento científico e concepções que revelam conhecimento científico, dado que, quer no pré teste, quer no pós teste, a percentagem de alunos cujas respostas foram categorizadas de senso comum é relativamente baixa.

A questão 8 tinha como objetivo verificar se os alunos associavam os riscos e perigos da energia nuclear a informações veiculadas pelos meios de comunicação, nomeadamente através das informações transmitidas aquando do acidente de Fukushima. Como se pode analisar do gráfico 6, a maioria dos alunos indica conhecer o acidente ocorrido em Fukushima, Japão, no pré e no pós teste. Sendo que também relacionam as consequências nefastas para os seres vivos, solicitadas em questões anteriores, com este acidente, o que poderá indiciar as representações que os alunos têm sobre a energia nuclear estão relacionadas com a informação obtida a partir dos meios de comunicação.

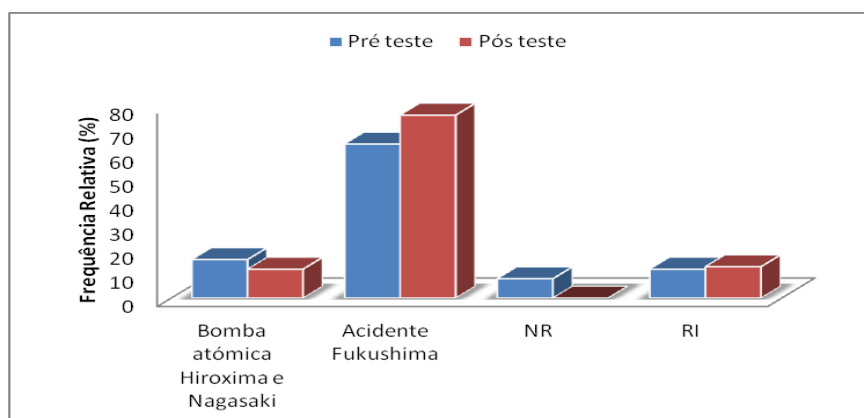


Gráfico 6 - Distribuição da frequência das respostas à questão 8

Na questão 10, pretendia-se que os alunos se posicionassem, fundamentadamente, relativamente à eventual construção de uma central nuclear em Portugal. Os resultados estão apresentados no gráfico 7.

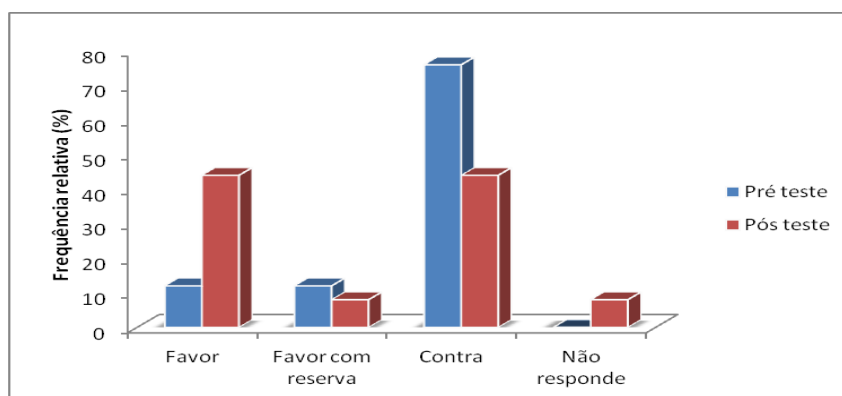


Gráfico 7 - Distribuição das respostas relativas à instalação de uma central nuclear em Portugal

Estes dados evidenciam que dezassete alunos no pré teste se mostram desfavoráveis à construção de uma central nuclear no país, por considerarem a energia nuclear potencialmente perigosa. As desvantagens para a sua construção são atribuídas à possibilidade de ocorrência de um acidente nuclear com consequências “*graves*” ou “*devastadoras para a população e meio ambiente*” [sic], opinião de um aluno, devido à contaminação radioativa, e pelo facto de existirem alternativas como a energia solar, eólica ou hídrica. Além de que, para alguns alunos, o investimento associado à sua construção e os elevados custos em caso de acidente são extremamente grandes, o que o inviabiliza, dada a situação económico-financeira do país neste momento.

Três alunos mostraram-se favoráveis à sua construção, mas com reservas, fazendo depender a sua posição da localização geográfica da central em Portugal, dado que o país está rodeado de mar, e colocando algumas reservas pela possibilidade de ocorrência de acidentes. Quanto à posição assumida favorável à construção da central, é justificada com base nos avanços tecnológicos que minimizam os riscos de acidente em centrais e, assim, o país poderia resolver os seus problemas de abastecimento de energia reduzindo a sua dependência face ao mercado externo.

Do pré para o pós teste aumenta ligeiramente o número de alunos favoráveis à construção de uma central termonuclear no nosso país, correspondendo a uma percentagem de 44%, argumentando que seria uma mais-valia para a produção de energia elétrica, diminuindo a dependência de Portugal em termos de recursos energéticos; auxiliava na economia do país e os riscos de acidentes são reduzidos. As desvantagens mais mencionadas estão



relacionadas com o risco de ocorrência de um acidente nuclear e das suas consequências para a população e meio ambiente e com a capacidade financeira do país, quer na construção, quer para suportar os custos de um acidente. Dois alunos mantêm reservas quanto à sua instalação, argumentando com a necessidade da localização geográfica, de forma a não estar sujeita a intempéries ambientais, como aconteceu em Fukushima, e exigindo a máxima segurança na manipulação e manutenção. Do pré teste para o pós teste aumenta o número de alunos que não responde.

Na tabela 7 encontram-se alguns dos argumentos usados pelos alunos para fundamentar a sua opinião.

**Tabela 7 - Argumentos relativos à instalação de uma central nuclear em Portugal⁶**

	Pré teste	Pós teste
A Favor	<p><i>“os riscos compensam os benefícios, para além de que a tecnologia que temos neste momento e à medida que avançamos é ainda mais eficaz, a probabilidade de ocorrer um desastre seria mínima”</i></p> <p><i>“... esta forma de energia iria fornecer muito mais energia ao país”</i></p> <p><i>“[o país] tornar-se-ia independente de outros países”</i></p>	<p><i>“as centrais nucleares vigiadas raramente trazem problemas para o meio ambiente e também iria ajudar na nossa economia”</i></p> <p><i>“era uma boa aposta no país para a produção de energia”</i></p> <p><i>“Portugal aos instalar uma central nuclear tornar-se-ia mais independente e traria benefícios para o país com a redução do preço da eletricidade”</i></p>
A Favor com reservas	<p><i>“Depende onde seja instalada, porque Portugal é rodeado de mares”</i></p> <p><i>“Podia ser bom para o nosso país se tudo corresse bem”</i></p>	<p><i>“.... seria ótimo para o país, mas vistos os riscos seria necessário uma atenção diária à manutenção da central. Apenas concordaria com a instalação se esta fosse colocada num sítio onde o risco fosse o mínimo possível”</i></p> <p><i>“Portugal por ser um país relativamente pequeno iria usufruir bastante com esta fonte de energia mas se a utilização da central nuclear fosse manuseada com a maior precaução e rigor científico”</i></p>
Contra	<p><i>“só iria perturbar a nossa saúde e dos seres vivos”</i></p> <p><i>“porque existem mais riscos do que benefícios e já existiram muitas catástrofes com a energia nuclear”</i></p> <p><i>“porque é perigoso para o meio ambiente”</i></p> <p><i>“porque estamos muito próximos do mar”</i></p>	<p><i>“porque mesmo que rendesse muito dinheiro corríamos sempre o risco de uma acidente”</i></p> <p><i>“devido aos gastos das centrais no começo são sempre elevados (instalação) e depois a manutenção e como o país está agravaria a crise”</i></p> <p><i>“porque em caso de acidente, muitos dados poderiam ser fatais, nomeadamente para o ambiente”</i></p>

O terceiro grupo do teste diagnóstico incidia sobre conceitos de radiação nuclear e radioatividade. Em física, radioatividade ou radiação nuclear é um fenómeno natural ou artificial, pelo qual alguns elementos químicos, designados por radioativos, são capazes de

⁶ Citações de respostas dadas pelos alunos



emitir radiações sob a forma de partículas (partículas alfa, β^+ ou β^- , elétrons e pósitrons) ou de ondas eletromagnéticas (radiação gama). A radioatividade é um fenómeno nuclear, ou seja tem origem no núcleo dos átomos e está associada à emissão de energia.

De acordo com os dados das questões 7 e 9, uma pequena percentagem de alunos associou os efeitos negativos da energia nuclear às emissões radioativas aquando da ocorrência de um acidente numa central termonuclear. Desta forma procurou-se identificar as conceções dos alunos sobre radioatividade, quer em termos do seu conhecimento conceptual quer ao nível da informação de que dispunham.

Assim, na questão 11, pretendia-se aferir se, e em que situação, os alunos dispunham de informação sobre radioatividade e radiação nuclear, verificando-se que, num universo de vinte e cinco alunos, todos referem já ter ouvido falar de radiação nuclear ou radioatividade, como se mostra no gráfico 8.

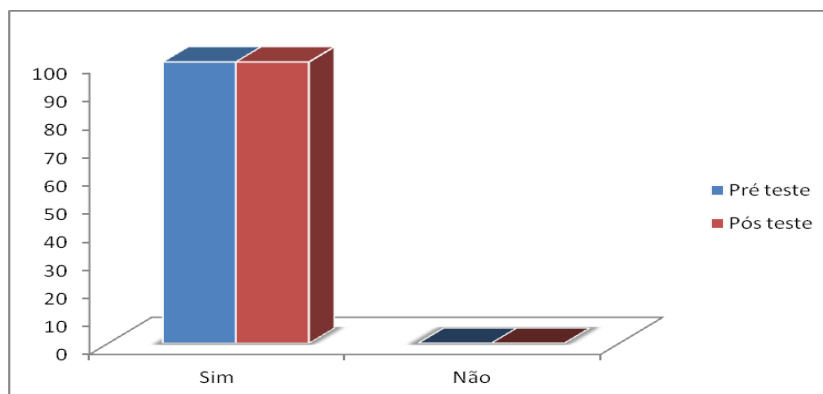


Gráfico 8 - Distribuição da frequência das respostas à questão 11

Relativamente ao ponto em que se pedia para indicar em que situação ou onde ouviram falar de radioatividade, as respostas distribuem-se entre meios de comunicação, escola e hospitais, associando aos acidentes nucleares de Chernobyl, Fukushima, uso de telemóveis ou tirar um raio X, como indicam os dados da tabela 8.

**Tabela 8 - Distribuição das justificações da questão 11 do teste diagnóstico por número de alunos**

		Número de alunos	
		Pré teste	Pós teste
Onde	Meios de comunicação	7	5
	Escola	3	11
	Hospitais/atos médicos	1	6
Situação	Acidentes nucleares de Chernobyl e Fukushima	16	6
	Exame médico de raio X	1	2
	Telemóveis	3	2
	Não respondeu	1	1

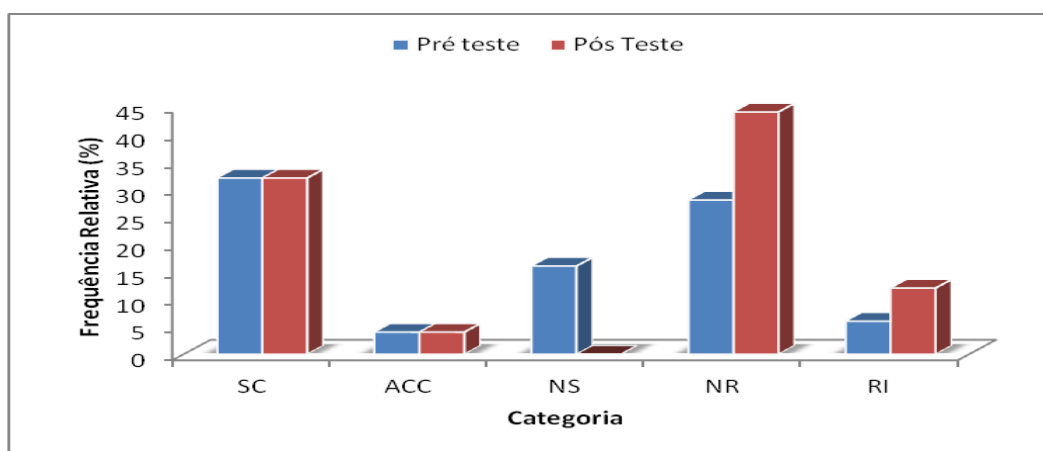
Nota: existem alunos que referem mais do que uma opção

Dos dados verifica-se que apenas quatro alunos, no pré e pós teste, relacionam incorretamente a radiação nuclear com telemóveis e exame médico de raio X, visto que a radiação de telemóveis é de baixa frequência e energia, não envolve núcleos atômicos, assim como os raios X, que, sendo radiação mais energética, também não envolve interação nuclear, logo correspondem a repostas *cientificamente incorretas*. No entanto, a maioria dos alunos teve conhecimento do fenómeno da radioatividade pelos meios de comunicação (pré teste corresponde a 28 % dos alunos) e na escola (correspondente a 44% no pós teste), associando maioritariamente aos acidentes nucleares no pré teste e pós teste.

Com a questão 12 procurou-se analisar as conceções dos alunos em relação à radiação nuclear ou radioatividade que, tratando-se de conceitos científicos complexos e abstratos, nem sempre se tornam compreensíveis aos alunos. A análise dos dados do pré teste permite concluir que sete alunos não responderam a esta questão e quatro alunos indicam não saber responder; no pós teste onze alunos continuam a não conseguir associar radioatividade à emissão de radiação sob a forma de partículas ou ondas eletromagnéticas, tal como pode observar-se na tabela 9.

**Tabela 9 - Distribuição das respostas à questão 12 do teste diagnóstico por número de alunos**

Questão	Categoria		Nº de alunos	
			Pré teste	Pós teste
O que ententes por radioatividade ou radiação nuclear?	Nocivo para os seres vivos	SC	0	2
	Libertação de radiação/energia	SC	1	2
	Radiação libertada nas reações nucleares	SC	7	4
	Radiação libertada por elementos radioativos	ACC	1	1
	Não sei	NS	4	0
	Não respondeu	NR	7	11
	Resposta inconclusiva ou incorreta	RI	6	3

**Gráfico 9 - Distribuição da frequência das respostas à questão 12**

De realçar que, entre as respostas dadas pelos alunos, constata-se que a maioria, oito alunos, associa radioatividade a “*energia libertada quando ocorrem reações nucleares*” ou “*é um processo que consiste na libertação de radiação*” [sic], o que poderá justificar as respostas à questão anterior, nas quais indicam conhecer o termo radioatividade a partir dos acidentes nas centrais termonucleares de Chernobyl e Fukushima. As conceções anteriores situam-se ao nível do *senso comum*. Apenas um aluno, tanto no pré como no pós teste,



indica “*radiação nuclear ou radioatividade é a radiação libertada por elementos radioativos*” [sic], tendo sido considerada uma conceção ao nível de *aproximação ao conhecimento científico*. Como se pode observar da análise aos dados do gráfico 9, do pré teste para o pós teste aumenta o número de respostas não dadas e incorretas ou inconclusivas, pelo que não se registou qualquer evolução na aprendizagem dos alunos em relação ao tema da radiação nuclear ou radioatividade.

A questão 13 relacionava-se as aplicações da radioatividade, sendo pedido para os alunos emitirem a sua opinião sobre os seus benefícios, malefícios ou ambos, nas nossas vidas quotidianas.

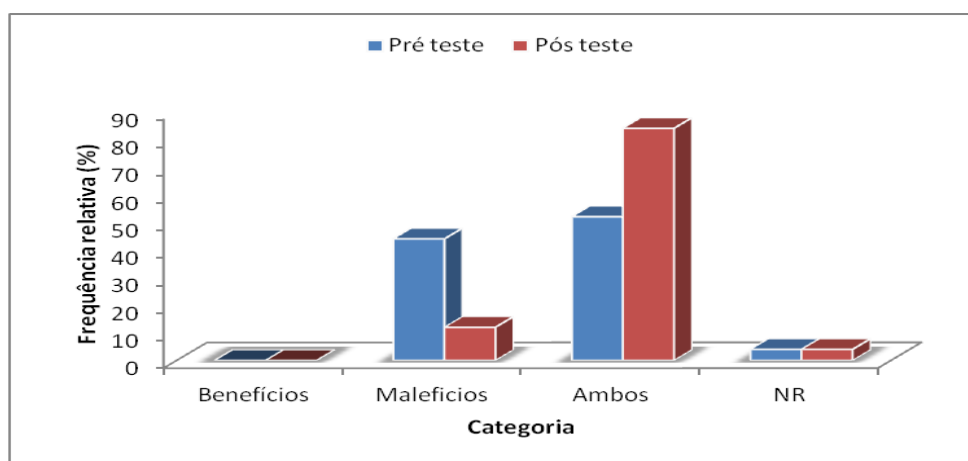


Gráfico 10 - Distribuição da frequência das respostas à questão 13

Como se pode constatar no gráfico 10, nenhum aluno considera que a radioação nuclear ou radioatividade tenha apenas benefícios e aumenta o número de alunos que indica trazer malefícios e benefícios do pré teste para o pós teste. As principais justificações dadas pelos alunos no pré teste e pós teste encontram-se na tabela 10.

**Tabela 10 - Distribuição das justificações à questão 13 do teste diagnóstico por número de alunos**

		Nº de alunos	
	Justificações mais frequentes	Pré teste	Pós teste
Malefícios	Afeta o ambiente	2	2
	Pode causar deformações e deficiências nos seres vivos	7	1
	Pode causar morte dos seres vivos	2	0
Ambos	Tem aplicações na medicina mas em excesso danifica as células;	3	4
	Tem aplicações na agricultura, diagnóstico e tratamento médico mas uma exposição prolongada pode causar problemas de saúde e nos seres vivos;	0	10
	Pode ter aplicações na arqueologia, mas pode fazer mal à saúde	0	2
Não justifica		7	3
Justificação inconclusiva ou incorreta		2	2

Da análise das justificações apresentadas pelos alunos pode-se concluir que do pré teste para o pós teste se verificou uma evolução concetual na aprendizagem dos alunos, uma vez que aumenta o número de alunos a indicar que identifica corretamente as aplicações positivas da radiação nuclear, como, por exemplo, no tratamento e diagnóstico médico ou na agricultura, mas fazem-no com a ressalva de que uma exposição prolongada pode causar problemas na saúde humana ou noutros seres vivos. Quer isto dizer que os alunos conseguem identificar as vantagens da utilização da radiação nuclear em diversos fins, mas também compreendem que existem riscos nas aplicações que se fazem da radiação nuclear. Verifica-se ainda que diminui o número de alunos que não apresenta justificação no pós teste.



Com a questão 14 pretendia-se conhecer a que situações ou locais associavam os alunos a radiação nuclear. Estamos diariamente expostos à radiação nuclear, seja pela radiação cósmica que chega do espaço, seja pela radiação emitida por inúmeros objetos de que dispomos no nosso dia-a-dia. Como se pode verificar nos resultados apresentados na tabela 11, no pré teste o local mais indicado em que podemos estar sujeitos a radiações é, na opinião dos alunos, a Natureza / Ar livre. No entanto, esta resposta só por si não permite concluir muito claramente a que tipos de radiação se estão a referir: nuclear ou outro tipo de radiação. Contudo, maioria dos alunos identifica o uso do telemóvel, do aparelho micro-ondas e a exposição solar, como sendo as situações em que podemos estar à radiação nuclear. O que, confrontando com as respostas anteriores, permite concluir que os alunos conhecem o conceito da radiação, identificam corretamente situações em que podem estar sujeitos a radiação, sem relacionarem com o tipo e energia da radiação.

Tabela 11 - Distribuição das respostas à questão 14 do teste diagnóstico por número de alunos

		Nº de alunos	
		Pré teste	Pós teste
Local	Junto a uma central nuclear	4	2
	Hospitais / atos médicos	3	10
	Escola	2	4
	Natureza /Ar livre	6	9
Situação	Tratamento médico /Quimioterapia	1	3
	Esterilização de material médico	0	1
	Diagnóstico médico: Raios X	1	9
	Outros: telemóvel, micro-ondas, solar	8	8
Não Responde		6	2

Nota: existem alunos que referem mais do que uma opção



Comparando os dados do pré teste e pós teste, aumenta o número de alunos a fazer referência aos hospitais ou atos médicos como sendo locais onde podemos estar sujeitos a radiação nuclear. Verifica-se, contudo, que a maioria associa essa situação ao exame médico do raio X (talvez o recurso médico mais habitual e, provavelmente, aquele que a maioria dos alunos já fez), apenas três alunos indicam claramente tratamento médico por quimioterapia e um associa à esterilização de material médico (processo usado com recurso a raios gama). A radiação de raios X é uma radiação penetrante e altamente energética capaz de atravessar materiais consideravelmente espessos, como a carne e a pele, mas é absorvida mais intensamente por materiais densos, como o metal ou o osso. Os raios X necessitam de estimulação de raios catódicos para serem produzidos. Por outro lado, a radiação nuclear ou radioatividade é a radiação emitida pela desintegração de núcleos atômicos, podendo esta radiação ser na forma de partículas e/ou radiação eletromagnética, radiação gama (γ), dando origem à formação de novos núcleos atômicos. Este processo é usado em medicina com isótopos de elementos radioativos designados por marcadores. Ambos os processos envolvem radiação muito energética, tratando-se, no entanto, de processos físicos diferentes (Serway & Jewett, 2005). O facto de os alunos associarem o exame de radiologia à radiação nuclear poderá ser explicado por se tratar de um ato médico em que se promove a segurança dos utentes, as restrições dos utentes ao espaço de radiologia serem elevadas e, normalmente, estes espaços estarem assinalados com um símbolo de perigo de radiação, além de se tratar de radiações muito semelhantes em termos energéticos. Outro dado importante das respostas a esta questão prende-se com o facto de, quer no pré teste quer no pós teste, os alunos associarem a radiação nuclear à radiação emitida por telemóveis, micro-ondas e radiação solar. Estas conceções poderão advir da sua experiência vivencial e da apropriação do discurso científico (Lopes, 2004), nomeadamente, aquele que se refere aos perigos do uso de telemóvel, devido à radiação emitida e da exposição solar.

Na questão 15 era pedido aos alunos que indicassem se conheciam ou não aplicações úteis da radiação nuclear e em caso afirmativo, referissem que tipo de aplicação. Da análise da distribuição das respostas no gráfico 11 é possível constatar que a maioria dos alunos, tanto no pré teste como no pós teste, indica conhecer alguma aplicação útil da radiação



nuclear, muito embora o número de alunos que o refere tenha aumentado significativamente do pré teste para o pós teste.

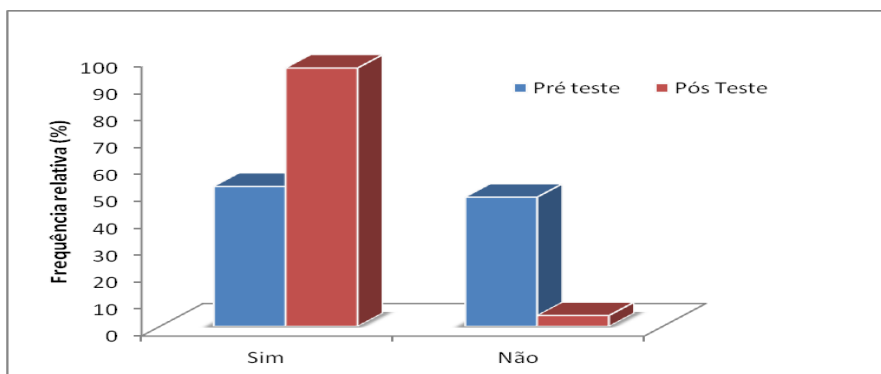


Gráfico 11 - Distribuição da frequência das respostas à questão 15

As aplicações úteis mais referidas pelos alunos são apresentadas na tabela 12.

Tabela 12 - Distribuição das respostas à questão 15 do teste diagnóstico por número de alunos

		Nº de alunos	
		Pré teste	Pós teste
Aplicações úteis	Produção de energia	4	2
	Medicina: quimioterapia ou outros atos médicos	2	12
	Radiologia /raios X	2	8
	Telemóvel	1	0
	Datação da Rochas	1	1
	Agricultura: exterminação de pragas	0	2
	Não refere qual	4	3
Total de alunos que responderam SIM		13	24

Nota: existem alunos que referem mais do que uma opção

As respostas dadas indicam que a maioria dos alunos associa as aplicações úteis da radiação nuclear à medicina, continuando a verificar-se que uma percentagem



relativamente grande, cerca de 33 % nos vinte e quatro alunos que responderam sim, refere o exame radiológico de raios X.

Na questão 16 pretendia-se analisar se os alunos identificavam fontes naturais e artificiais de radiação nuclear, que se encontram na tabela 13. Na categoria das respostas incorretas consideraram-se todas aquelas em que eram feitas referências a exames médicos de raios X, radiação emitida pelos telemóveis e radiação solar visível e de ultra violeta por não fazerem parte da radiação nuclear.

Tabela 13 - Distribuição das respostas à questão 16 do teste diagnóstico por número de alunos

	Categorias de resposta	Nº de alunos	
		Pré teste	Pós teste
Origem natural	Reações nucleares do Big Bang	2	0
	Sol e estrelas	6	10
	Urânio	2	3
	Desintegração de elementos radioativos das rochas / solo	0	4
	Não responde	12	5
	Resposta Incorreta /inconclusiva	3	3
Origem artificial	Centrais nucleares	8	9
	Finalidades médicas: hospitais	1	4
	Não Responde	11	7
	Resposta Incorreta/inconclusiva	5	5

Da análise dos resultados verifica-se que o número de alunos que não indica qualquer fonte de origem natural e artificial diminui do pré teste para o pós teste. Por outro lado, aumenta o número de respostas que referem a desintegração natural de elementos radioativos nas rochas, nomeadamente o rádon, e dos que indicam a radiação nuclear associada às estrelas e ao Sol, devido às reações nucleares que aí ocorrem, como é exemplo



a resposta de uma aluna: “*formação e morte das estrelas devido às reações nucleares*” [sic]. Constatase, tal como referido anteriormente, que alguns alunos associam as fontes artificiais de radiação nuclear ao exame médico de raios X, o que constitui uma resposta cientificamente incorreta.

Em suma, da análise dos resultados do pré para o pós teste permite concluir que relativamente às características das reações nucleares, tipos de reações nucleares e diferenças entre reações nucleares e reações químicas, os alunos privilegiam no pré teste as *concepções do senso comum*, associando as reações nucleares a reações que resultam e/ou originam explosões, à sua maior dimensão comparativamente com a dimensão das reações químicas e aquelas que envolvem temperaturas muito elevadas. Também no pré teste os alunos parecem não distinguir as reações de fissão e fusão nuclear, assim como, não conseguem associar a fissão nuclear ao tipo de reações que ocorre nas centrais nucleares e a fusão nuclear a reações que acontecem nas estrelas. No entanto, no pós teste é significativamente maior a percentagem de alunos que identifica as reações nucleares como reações que envolvem núcleos atómicos, distingue reações nucleares e reações químicas, assim como, consegue identificar corretamente as características das reações de fissão e fusão nuclear e as suas aplicações. Na segunda parte do teste diagnóstico, onde se pretendia conhecer as concepções dos alunos em relação às potencialidades e riscos da energia nuclear e as suas aplicações, verifica-se que não se registaram alterações significativas nas concepções dos alunos do pré para o pós teste. Os alunos associam, quer no pré quer no pós teste, as potencialidades ao facto de constituir uma alternativa aos combustíveis fósseis e ser menos poluente e os riscos à possibilidade de emissões radioativas em caso de acidentes nucleares que poderão contaminar os seres vivos e meio ambiente. Em relação ao terceiro tópico do teste diagnóstico, permanecem as concepções dos alunos relativamente ao conceito de radioatividade, tanto no pré como no pós teste. Efetivamente verifica-se que os alunos privilegiam as *concepções do senso comum*, associando a radioatividade à radiação libertada nas reações nucleares, aos seus efeitos negativos e identificando como aplicações mais comuns os telemóveis e exames de radiologia.



4.3. *Análise dos resultados das questões de avaliação formal*

Na avaliação formal foram propostas questões relativas à atividade e aos conceitos estudados em dois momentos distintos: num teste de avaliação imediatamente após a implementação do estudo (Anexo F) e passados dois meses (Anexo F). Foram apresentadas questões de resposta fechada do tipo escolha múltipla e questões de resposta aberta. Duas questões envolviam os tipos de reações nucleares: reações de fusão e fissão nuclear e a distinção entre reações químicas e reações nucleares.

Na distinção entre reações nucleares e reações químicas verifica-se que dezoito alunos apresentam respostas cientificamente corretas ou revelando conhecimentos que se aproximam do conhecimento científico, como mostra o gráfico 12.

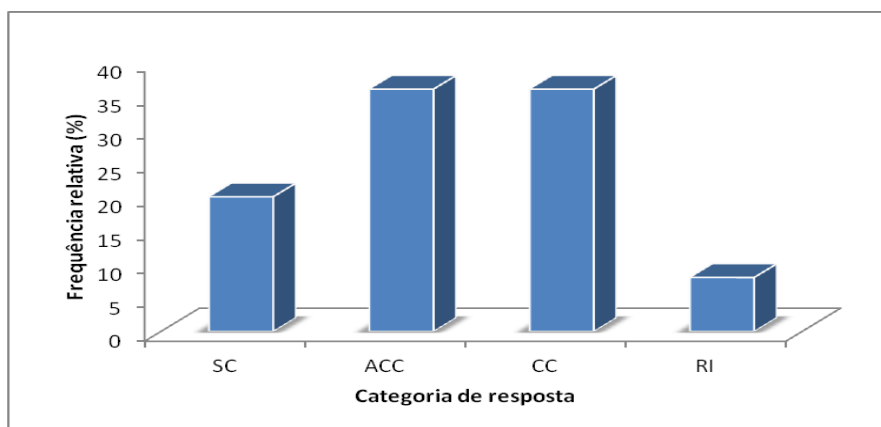


Gráfico 12 - Distribuição da frequência das respostas relativas à diferença entre reações químicas e nucleares na avaliação formal

Estas questões foram aplicadas no teste de avaliação formal realizado dois meses após a implementação do estudo e da análise das respostas apresentadas; poder-se-á concluir que os alunos compreenderam os conceitos abordados e a aprendizagem foi significativa. Tal como se ilustra na resposta de uma aluna: *“A diferença entre reações químicas e reações nucleares é que nas reações químicas os núcleos atômicos não se alteram, apenas há alteração das unidades estruturais do sistema reacional, já nas reações nucleares os núcleos atômicos alteram-se e ocorre transformação dos elementos químicos noutros elementos”* [sic]. No entanto, verifica-se que ainda subsistem algumas concepções do senso



comum quando os alunos indicam: “a diferença é que nas reações químicas não há tanta libertação de radiação nem de energia” ou “as diferenças entre reações químicas e reações nucleares é que nas nucleares são provocadas pelo homem e nas químicas é pela natureza” [sic].

Foi, também, objeto de avaliação formal verificar se os alunos compreendiam as diferenças entre reações de fissão e fusão nuclear. A esta questão verificou-se que cerca de 80% dos alunos consegue indicar corretamente, ou revelar um conhecimento próximo do conhecimento científico, as características das reações de fissão e fusão nuclear. Como se ilustra no gráfico 13.

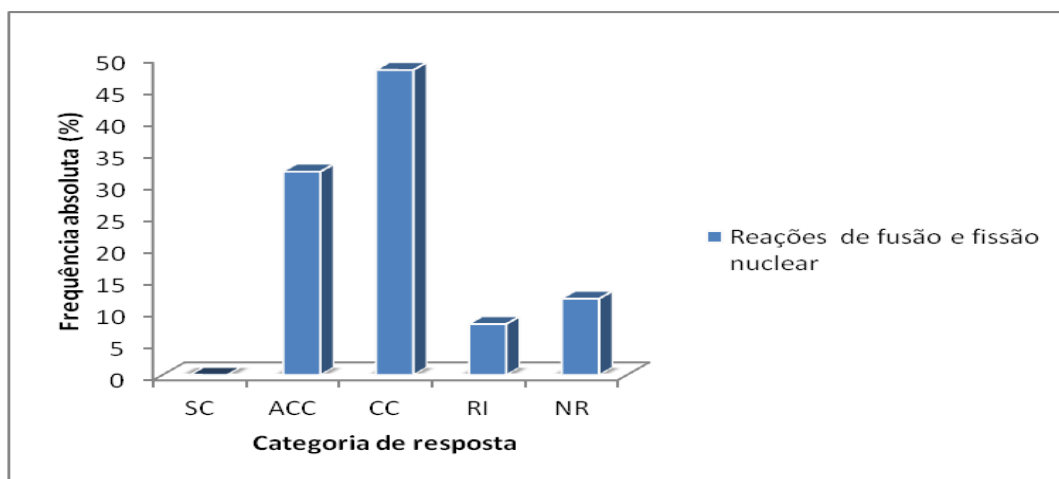


Gráfico 13 - Distribuição da frequência das repostas relativas à diferença entre reações de fissão e fusão nuclear na avaliação formal

Quando questionados sobre as aplicações úteis da energia / radiação nuclear a maioria dos alunos refere: “*diagnóstico e tratamento de determinadas doenças*” e “*fornecimento de energia à população*”, surgindo algumas respostas, como: “*esterilização de material médico*” e a “*datação das rochas*”.

4.4. Análise dos Resultados do debate sobre questões sócio científicas

Para análise dos resultados obtidos do debate (Anexo D) sobre questões sócio científicas, relacionadas com as potencialidades e riscos da utilização da energia nuclear, foram usadas as notas de campo produzidas pela professora-investigadora. O debate tinha como objetivo desenvolver nos alunos competências de argumentação, tomada de decisões e



consciencialização sobre questões científicas e tecnológicas com impacto na sociedade. Os alunos, divididos em grupos por sectores de atividade, tiveram de apresentar e argumentar as suas posições face ao tema em discussão. Seguidamente, apresentam-se, no quadro 7, excertos do debate produzido pelos alunos por sector de atividade.

Quadro 7 - Excertos do debate sobre energia nuclear⁷

Cidadão comum	<p><i>“Quais as vantagens em termos económicos de ter uma central nuclear em Portugal?”</i></p> <p><i>“Onde se poderia instalar essa central em Portugal? Não há problemas por causa dos sismos? E se houver um sismo, como aquele... no Japão. Não vai tudo pelos ares”</i></p> <p><i>“O que se pode fazer com o lixo das centrais? É perigoso, não é?”</i></p>
Político / economista	<p><i>“o desemprego em Portugal é muito grande e uma central nuclear criaria muito mais emprego, porque precisa de pessoas para lá trabalharem. Além disso, podia ainda criar outras empresas à sua volta e mais emprego”</i></p> <p><i>“a central também ajudava o país porque não precisava de comprar tanto petróleo. Assim, dependíamos menos do estrangeiro”</i></p> <p><i>“ pois e com pouco combustível produz muita energia elétrica e assim pode-se fornecer muita mais gente.”</i></p> <p><i>“mas, não nos podemos esquecer que uma central custa muito dinheiro e ainda é preciso mante-la a funcionar. Também podia haver um acidente e nesse caso não tínhamos dinheiro para pagar os prejuízos.”</i></p>

⁷ Citações de argumentos apresentados pelos alunos



Ambientalista	<p><i>“no caso de haver um acidente nuclear seria uma catástrofe. Toda a vegetação em volta da central morreria, os seres vivos seriam afetados, alguns também morreriam. As pessoas ficavam com problemas durante muito anos, como aconteceu com Chernobyl”</i></p> <p><i>“pois, até há mutações genéticas e as pessoas ou os animais nascem com problemas”</i></p> <p><i>“podem aumentar os problemas de cancro”</i></p> <p><i>“Portugal está à beira mar, se houver um tsunami, as consequências são muito graves”</i></p> <p><i>“Mas a energia nuclear tem uma coisa boa. A quantidade de dióxido de carbono que lança para a atmosfera é muito baixa. Pode-se reduzir as emissões de gases com efeito de estufa.”</i></p>
Cientista / investigador	<p><i>“ em Portugal não há muitos sismos. E os reatores nucleares de 3ª geração são muito seguros. Em Chernobyl foi erro humano que provocou o acidente”</i></p> <p><i>“ as centrais nucleares têm sempre riscos, mas a tecnologia está a evoluir muito. Além disso, mesmo sem centrais estamos sujeitos a radiação nuclear. O granito emite radiação”</i></p> <p><i>“Pois é. Na zona da Guarda as casas de granito são perigosas por causa de um gás que se liberta, o radon. é perigoso, pode provocar cancro”</i></p> <p><i>“ É preciso não esquecer que a radiação nuclear tem vantagens. Pode ser usada na agricultura para controlo de pragas, na indústria aeronáutica, na arqueologia e até na geologia, na datação das rochas”</i></p>
Médico / profissional de saúde	<p><i>“Também é muito usada na medicina no tratamento de doenças cancerígenas com a quimioterapia e a radioterapia”</i></p> <p><i>“E na prevenção de doenças como quando fazemos um raio X”</i></p> <p><i>“Existem muitos equipamentos médicos que usam a energia nuclear, vi um chamado tomografia por emissão de positrões, PET, que é muito eficaz na deteção de tumores”</i></p> <p><i>“mas a exposição à radiação nuclear pode ser muito perigosa. Provoca mutações genéticas, problemas de fertilidade, aumentam as doenças cancerígenas. É preciso muito cuidado na sua utilização”</i></p>



Da análise do extrato apresentado pode-se concluir que a realização do debate permitiu, tal como preconizado por Reis (2003):

- A troca de informações e opiniões sobre os temas em discussão;
- A construção de conhecimento científico através de atividades de pesquisa e de troca de opiniões;
- O desenvolvimento e estruturação do seu pensamento crítico;
- Esclarecimento de dúvidas;
- Aprofundamento e melhoramento das relações interpares.

Também é possível verificar que as concepções dos alunos relativamente aos fenómenos nucleares em discussão se aproximam muito do conhecimento cientificamente aceite, notando-se, contudo, algumas imprecisões científicas como a associação dos raios X à radiação nuclear. No entanto, poder-se-á concluir que a atividade desenvolvida em torno da discussão da questão relativa à energia nuclear permitiu um maior envolvimento dos alunos na sua aprendizagem promovendo sua alfabetização científica; proporcionou aos alunos situações de reflexão e tomada de decisões, fundamentadas nos conhecimentos científicos adquiridos, além de ter desenvolvido competências sociais e de cidadania.

4.5. Análise dos Resultados do Questionário de Opinião

4.5.1. Opinião sobre o método de ensino e sua eficácia

Na parte I do questionário de opinião (Anexo B), constituído por duas questões, pretendia-se avaliar o método de ensino e a sua eficácia. A primeira questão, cujos resultados se encontram representados no gráfico 14, foi subdividida em seis alíneas e abarca aspetos relacionados com a contribuição desta abordagem de ensino em termos de:

- A)** Interesse do estudo da temática dos fenómenos nucleares;
- B)** Contribuição para o sucesso na aprendizagem;
- C)** Diversidade de metodologias aplicadas em sala de aula;



D) Contribuição para uma cidadania mais consciente e informada;

E) Ligação a situações do quotidiano;

F) Análise dos prós e contras dos fenómenos nucleares.

A análise das respostas à questão 1 (da Parte um) é feita em simultâneo com a análise às respostas à questão 8. a), uma vez que nessa questão se pedia aos alunos para tecerem comentários e opiniões ao modo como a abordagem do tema “*Reações nucleares e suas aplicações*” foi lecionado.

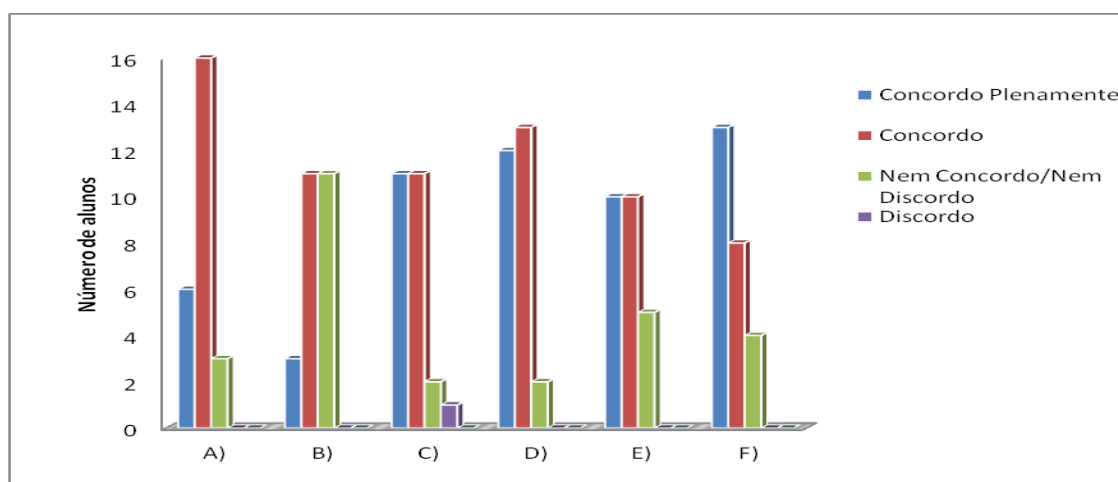


Gráfico 14 - Distribuição das respostas relativas ao método de ensino

Assim, como se pode observar no gráfico 14, verifica-se que a maioria dos alunos considera que a abordagem de ensino implementada terá contribuído para aumentar o seu interesse pela temática dos fenómenos nucleares, diversificação de estratégias implementadas, permitindo a ligação a situações do seu quotidiano, tornando-os cidadãos mais conscientes e informados sobre a temática em estudo.

Analisando em pormenor os comentários feitos na questão 8.a), verifica-se que os motivos porque os alunos gostaram desta abordagem apontam principalmente para o dinamismo posto na execução das tarefas propostas, aumentando, assim, a sua motivação e interesse pela temática em estudo. Também é relevante o próprio tema em estudo, fenómenos nucleares e suas aplicações, que pela controvérsia a ele associada desperta o interesse dos alunos, tal como se pode observar a partir de algumas das suas respostas:



“foi bastante dinâmico e levou-nos a ficar mais interessados pelo tema”

“gostei como foi lecionado, uma vez que despertou o interesse em alguns alunos que costumam estar mais distraídos”

“foram aulas bastante interessantes e interativas”

“o tema foi lecionado bastante bem já que saímos das habituais aulas teóricas”

“é um tema interessante, pois acho que havia muitas ideias erradas sobre o assunto”

“foi bem lecionado, proporcionando uma aprendizagem dinâmica ao aluno”

“o tema geral é agradável e desperta interesse” [sic]

Este ponto é corroborado pela questão 2, onde solicitava aos alunos que manifestassem a sua opinião relativamente às atividades desenvolvidas e, como se pode verificar no gráfico 15, a maioria das respostas dos alunos situa-se nas categorias “gostei muito” e “gostei”, em que a resposta de dois alunos (num total de vinte e cinco) se situa na categoria de “não gostei/nem desgostei”.

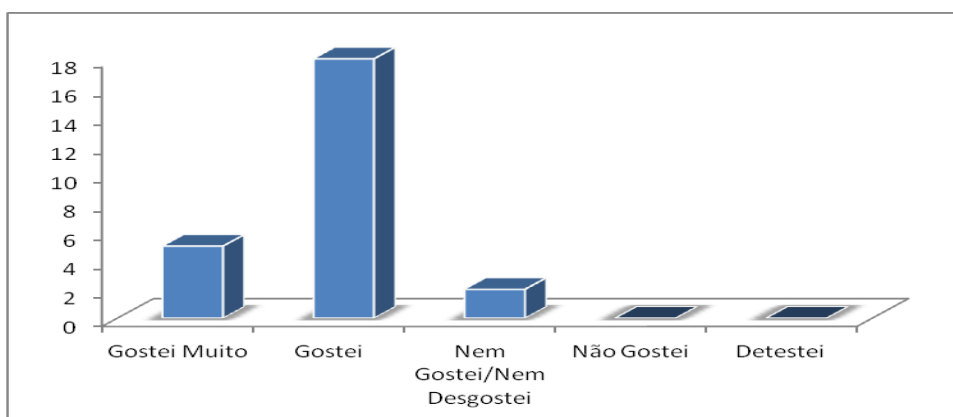


Gráfico 15 - Atividades desenvolvidas nas aulas

No entanto, é de salientar que um aluno refere discordar de que a abordagem de ensino terá contribuído para ter uma perspetiva diferente do tema, indicando *“acho que o tema não era fácil de aprender não devido ao conteúdo em geral mas ao modo como foi elaborado” [sic]*. Além de que onze alunos consideram que esta metodologia não terá contribuído muito para o seu sucesso na disciplina, sendo de salientar, neste ponto, que a abordagem de ensino foi implementada em seis aulas e o questionário aplicado passados dois meses, o que poderá ter contribuído para uma opinião menos favorável.



4.5.2. Opinião sobre atividades desenvolvidas na aula

Na parte II do questionário, os alunos manifestaram-se sobre as atividades desenvolvidas durante a abordagem de ensino implementada na turma. As duas primeiras questões desta parte, questões 3 e 4, estão interligadas entre si, pelo que a análise das respostas vai ser feita em conjunto. Por considerarmos importante compreender se os alunos sentiram dificuldades ou não com esta abordagem de ensino, era-lhes pedido inicialmente referirem-no através de duas opções (questão 3). No caso da resposta ser positiva (sentiram dificuldades) para averiguar o que estaria na sua origem, os alunos dispunham de cinco hipóteses de justificação (questão 4). A análise das respostas permite concluir que 64% dos alunos (correspondente a 16 alunos) indicam não ter sentido dificuldades na aprendizagem dos conceitos abordados, como se pode verificar no gráfico 16.

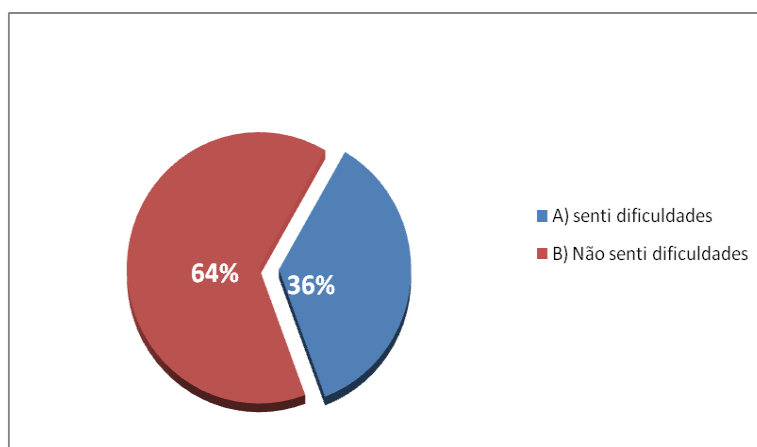


Gráfico 16 - Distribuição das respostas à questão 3 teste de opinião

Os nove alunos, correspondentes a 36%, que dizem ter sentido dificuldades, justificam-no principalmente devido às dificuldades na interpretação da informação, por se tratar de linguagem científica específica, como mostra a tabela 14.

**Tabela 14 - Dificuldades manifestadas pelos alunos**

Opção	Número de Alunos
A) Dificuldade na compreensão dos conceitos abordados	2
B) Dificuldade na interpretação da informação apresentada, por se tratar de linguagem científica específica	6
C) Dificuldade na interpretação de textos escritos	2
D) Dificuldade de concentração	1

Nota: existem alunos inseridos em mais do que uma categoria, por referirem nas suas repostas mais do que um dos aspetos considerados

A questão 5 aborda a contribuição das atividades de investigação desenvolvidas baseadas em documentos de IDC na aprendizagem dos conteúdos relacionados com fenómenos nucleares e suas aplicações, assim como no desenvolvimento de competências de argumentação, organização de ideias e a tomada de consciência da aprendizagem efetuada pelos alunos. A análise dos dados está coligida na tabela 15.

Tabela 15 - Opinião sobre as atividades desenvolvidas

Contribuição para:	Número de alunos				
	N	QN	P	B	M
A) Compreensão dos conteúdos	0	0	5	16	4
B) Compreensão de informações	0	0	3	17	5
C) Estabelecimento de relações com o quotidiano	0	0	1	16	8
D) Discussão de temas diferentes	0	0	7	12	6
E) Organização de ideias	0	0	7	17	1
F) Exposição de ideias	0	1	8	11	5
G) Despertar de curiosidade	0	0	3	15	6

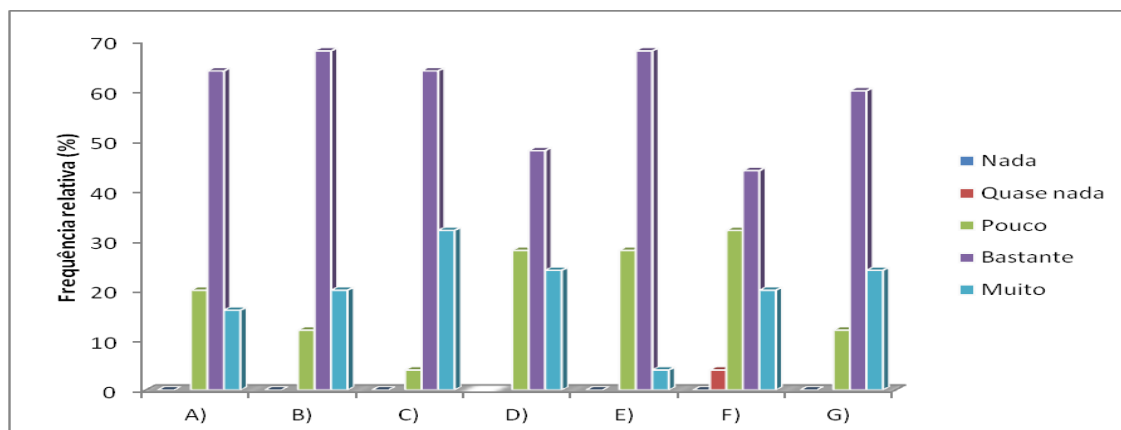


Gráfico 17 - Opinião sobre as atividades desenvolvidas

Como se pode verificar dos dados da tabela 15 e gráfico 17, a maioria dos alunos considera que a abordagem de ensino implementada contribuiu bastante ou mesmo muito para a compreensão dos conteúdos lecionados e das informações fornecidas, sendo que a frequência das respostas dos alunos que indicam que terá contribuído pouco varia entre os 20% para compreensão dos conteúdos e os 12% para a compreensão das informações dadas. Esta metodologia terá ainda favorecido, na opinião dos alunos, o estabelecimento de relações entre os conteúdos e situações do quotidiano uma vez que apenas 4% dos inquiridos indicou que contribuiu pouco, além de que esta abordagem terá despertado bastante, ou mesmo muito, a sua curiosidade, visto que é a resposta apontada por 84% dos alunos (21 alunos). Apesar da maioria dos alunos se ter pronunciado favoravelmente à contribuição desta abordagem de ensino na organização e exposição de ideias, assim como na discussão de temas diferentes, verifica-se que 28% a 32%, correspondentes a um número de alunos entre sete e oito, consideram que o método teve pouca influência nestes parâmetros. Esta indicação reforça a informação das questões 3 e 4, em que nove alunos indicavam ter sentido dificuldades nos conceitos abordados, por não conseguirem interpretar a informação devido à complexidade da linguagem científica usada ou apresentarem dificuldades na interpretação de textos escritos.

Com a questão 6, pretendia-se avaliar a contribuição das atividades desenvolvidas ao nível da aprendizagem conceptual dos alunos em relação à temática abordada. Os dados



por número de alunos estão explanados na tabela 16 e no gráfico 18, onde se encontram as frequências relativas das respostas.

Tabela 16 - Contribuição do estudo para a aprendizagem do tema energia nuclear

Contribuição para:	Número de alunos				
	DP	D	ND/NC	C	CP
Aprendizagem tornou-se mais estimulante	0	0	5	13	7
Apreendi melhor	0	0	4	16	5
Apreendi de forma diferente	0	0	8	12	5
Os debates favorecerem a aprendizagem	0	0	2	8	15

Nota: **DP** – Discordo Plenamente; **D**- Discordo; **ND/NC** – Nem concordo/Nem Discordo; **CP** – Concordo Plenamente

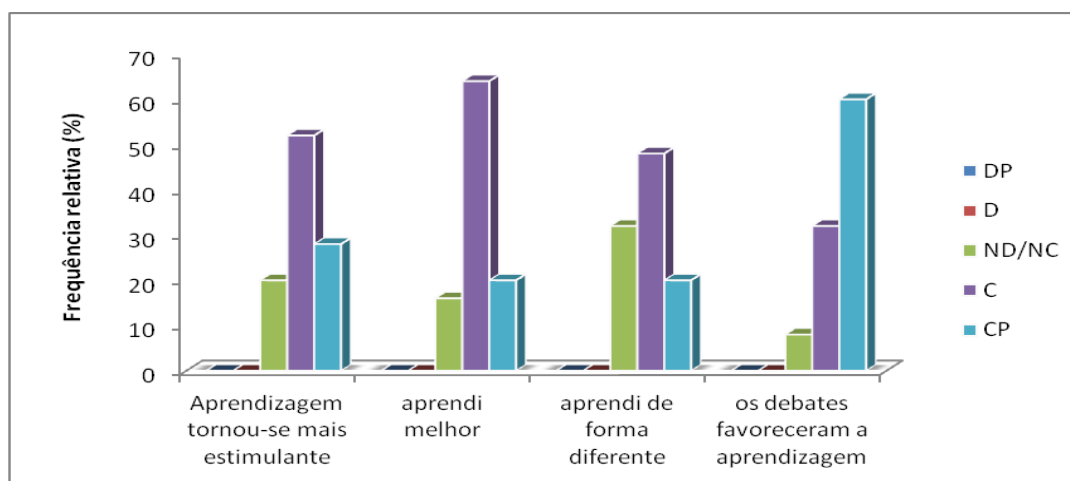


Gráfico 18 - Contribuição do estudo para a aprendizagem do tema energia nuclear

Da análise dos dados do gráfico 18, emerge que a maioria dos alunos concorda ou concorda plenamente que as atividades desenvolvidas estimularam e facilitaram a sua aprendizagem dos conteúdos abordados. É de salientar, também, que os debates gerados na turma facilitaram a aprendizagem dos conceitos em estudo, com 60% dos alunos a indicar que concorda plenamente. Esta opinião vem ao encontro de Reis (2003), que considera a realização de debates uma atividade motivadora das aprendizagens.



4.5.3. Apreciação Global das Aulas

Com a questão 7, pretendia-se que os alunos expusessem as suas opiniões relativamente: ao que mais gostaram, ao que não devia repetir-se, ao que deveria manter-se e ao que mudariam.

Na questão 8, pretendia-se que os alunos se manifestassem sobre o ambiente nas aulas e a importância dos assuntos tratados na compreensão do mundo atual. Para análise dos dados foram criados conjuntos de categorias *à posteriori*, para os aspetos considerados e de acordo com as respostas dadas.

Tabela 17 - Apreciação global das aulas

Categorias de resposta	Número de alunos	
	O que mais gostaram	O que deveria manter-se
Debates	12	12
Trabalho de pesquisa / investigação	3	3
Interatividade das aulas	1	5
Conhecer aplicações úteis da energia nuclear e radiação	9	1
Método usado nas aulas	4	2
Tudo	0	1
Não Respondeu	0	0

Nota: existem alunos inseridos em mais do que uma categoria, por referirem nas suas repostas mais do que um dos aspetos considerados

Analisando os dados da tabela 17, podemos verificar que a realização do debate foi a atividade de que os alunos mais gostaram, sendo também a atividade que gostariam que se mantivesse. A realização do debate permitiu que os alunos se envolvessem na sua própria aprendizagem, “*gostei do debate, tanto da pesquisa para elaborar o projeto de debate como o próprio debate foram benéficos para compreensão da matéria*” [sic] e, desta forma, mobilizassem saberes culturais, científicos e tecnológicos (Reis, 2003). Permitiu ainda o desenvolvimento de competências de pesquisa, seleção, organização e



interpretação da informação (Reis, 2003) e a participação na tomada de decisões controversas sócio científicas, tal como referem os alunos:

“...do debate porque podemos colocar o nosso espírito crítico. Os debates são interessantes para ajudar a participar mais” [sic].

“achei o debate muito proveitoso pois além de defender algo, obrigou-nos a pesquisar de modo a podermos colocar os nossos argumentos consoante o nosso papel na sociedade” [sic].

É de salientar ainda que muitos alunos indicam ter gostado de conhecer as aplicações da energia e radiação nuclear, que sendo um tema controverso é também um tema que desperta curiosidade e interesse, além de que promove a interação com situações do seu quotidiano, tal como referem os alunos *“...foi ficar a perceber mais sobre as aplicações no dia-a-dia da radiação e das reações nucleares”* e *“o facto de se inserir na sociedade e ter aplicações úteis no nosso dia-a-dia” [sic].*

Procedendo à análise dos dados da tabela 18, relativa a aspetos que os alunos não gostaram ou que não se deveriam manter, podemos apurar que a maioria dos alunos salienta a dificuldade na compreensão dos conceitos teóricos relativos aos fenómenos nucleares, confirmando o que anteriormente já tinham referenciado relativamente à complexidade dos conteúdos associados à temática em estudo. Outro aspeto que surge da interpretação dos dados é o facto de dois alunos manifestarem que não gostaram da leitura dos textos, sendo que um deles indica igualmente que não só não se deveria manter como era um dos aspetos que mudaria. Estes resultados vão de encontro ao que referiram nas questões 3 e 4, em que apontaram como justificação as dificuldades sentidas na interpretação de textos escritos.

No entanto seis alunos indicam não ter *“nada a referir”* no que concerne ao que não gostaram e oito referem mesmo que não alterariam *“nada”* do que foi proposto.

**Tabela 18 - Apreciação global das aulas**

Categorias de resposta	Número de alunos		
	O que não gostaram	O que não deveria manter-se	O que mudariam
Debates	1	1	0
Leitura de textos	2	1	1
Realizar mais debates	0	0	5
Conceitos teóricos associados ao tema	10	1	2
Comportamento da turma no debate	0	4	2
Nada a referir	6	9	8
Não Respondeu	6	9	7

Nota: existem alunos inseridos em mais do que uma categoria, por referirem nas suas repostas mais do que um dos aspetos considerados

A realização de debates implica maior participação e, normalmente, aumenta a agitação dos alunos, o que poderá explicar o facto de quatro alunos indicarem que não se deveria manter “*o comportamento da turma no debate*”. No entanto, quando questionados (questão 8b) sobre o ambiente nas aulas, a maioria dos alunos manifestou- o seu agrado, indicando que o mesmo foi bom e positivo: “*foi um ambiente bastante produtivo*” e “*os alunos gostaram do tema o que fez com que aderissem e participassem mais*” [sic].

Na questão 8c) pedia-se aos alunos que tecessem comentários sobre a importância dos assuntos abordados na sua compreensão do mundo atual. As suas opiniões foram variadas, havendo alunos a reconhecer que a abordagem desta temática lhes “*despertou interesse pelos problemas científicos, tecnológicos e da sociedade*” [sic], mas também contribuiu para modificar a sua opinião sobre energia nuclear e os seus efeitos (“*Ajudou-me a ter outra opinião, neste caso mais positiva, em relação à utilização de energia nuclear*” [sic], opinião de um aluno, ou no desenvolvimento do seu espírito crítico: “*ajudou-me a ter espírito crítico para assuntos do mundo atual*” [sic]. Alguns alunos referem a sua importância na compreensão do tema e no efeito que teve na sua aprendizagem, como por



exemplo, *“foi bastante importante porque compreendo vários assuntos do tema e criei a minha própria opinião” [sic]* ou *“percebi melhor os conceitos abordados na aula e também aprendi novas coisas sobre o tema” [sic]*.

Finalmente, os alunos salientam a importância do ensino e aprendizagem se ter relacionado com situações do quotidiano, *“acho que foi muito importante, nomeadamente ao relacionar as situações do dia-a-dia” [sic]*.



Capítulo 5

CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES DO ESTUDO



5.1. Introdução

Este capítulo inicia-se com a apresentação das principais conclusões do estudo (5.2) organizadas em função das questões de investigação formuladas em (1.4). Serão depois discutidas as implicações do estudo (5.3), as principais limitações (5.4) e, por fim, apresentam-se algumas sugestões para futuras investigações (5.5).

5.2. Principais Conclusões

Em termos gerais, este estudo tinha como finalidade estudar as potencialidades de uma metodologia de ensino baseada na utilização de documentos de Informação de Divulgação Científica (IDC) na aprendizagem e discussão de temas relativos à Química e Física Nuclear. Neste sentido, pareceu-nos, desde logo, importante averiguar as concepções prévias dos alunos relativamente aos seus conhecimentos sobre fenómenos nucleares, assim como as suas ideias sobre energia nuclear, suas potencialidades e riscos e, assim, avaliar o efeito desta metodologia no processo ensino-aprendizagem. Estudou-se o impacto da metodologia aplicada ao nível da aprendizagem conceptual da área do nuclear com alunos do 10º ano (em que este estudo surge no programa curricular na componente de Química) e suas potencialidades no levantamento de discussões em torno de questões problemáticas que envolvem a energia nuclear.

Avaliou-se, também, a adesão dos alunos à abordagem de ensino e aprendizagem proposta e diagnosticaram-se as dificuldades sentidas, quer pelos alunos quer pela professora-investigadora, no decurso da implementação da estratégia adotada.

No que diz respeito ao primeiro objetivo desta dissertação, averiguar as ideias informais dos alunos no domínio do nuclear, pela análise das respostas apresentadas, poder-se-á concluir que, de uma forma geral, no pré teste os alunos valorizaram mais as concepções que envolvem o *senso comum* do que as concepções que envolvem o conhecimento científico. Contudo, após a implementação da metodologia de ensino proposta registou-se uma melhoria, ainda que nalguns casos tenha sido pouco acentuada, ao nível da



aprendizagem conceptual dos conceitos envolvidos. Uma análise mais pormenorizada dos resultados apresentados no capítulo 4 permite tirar as conclusões que a seguir se explanam.

No que concerne ao conhecimento dos conceitos físicos associados à energia nuclear, tais como características das reações nucleares, tipos de reações nucleares e distinção entre reações nucleares e reações químicas, conclui-se que a metodologia de ensino proposta parece ter contribuído para uma evolução conceptual das aprendizagens. Com efeito, aumenta o número de respostas com *aproximação ao conhecimento científico* e mesmo as que revelam conhecimentos *cientificamente corretos*, o que parece mostrar que os conhecimentos preexistentes foram enriquecidos e tornaram-se mais elaborados, permitindo aos alunos assimilar os novos significados (Moreira & Valadares, 2009). Com efeito, verifica-se que do pré para o pós teste, aumenta em cerca de 50% a percentagem de alunos que identifica as reações nucleares como reações que envolvem núcleos atómicos e em 30% os que justificam corretamente a diferença entre reações químicas e reações nucleares, assim como, na percentagem de alunos que justifica corretamente em que diferem as reações nucleares nas centrais termonucleares e nas estrelas. No entanto, ainda se verifica a existência de concepções ao nível do *senso comum* por parte de alguns alunos. Isto poderá significar que estes alunos poderão ter optado por decorar alguns dos novos significados associados aos conteúdos em estudo, recorrendo a uma aprendizagem mecânica. Até porque na avaliação formal (4.3), quando confrontados com questões semelhantes, o número de respostas *cientificamente corretas* ou com *aproximação ao conhecimento científico* é significativamente maior comparativamente aos dados obtidos do pós teste.

No que diz respeito a conhecer as ideias/concepções relativamente às potencialidades e riscos na utilização de energia nuclear, constata-se que não se registaram alterações significativas antes e após a abordagem de ensino implementada. Verifica-se que prevalece, antes e após a implementação da abordagem de ensino, um número elevado de respostas que envolvem concepções ao nível do *senso comum*, persistindo, de certa forma, nos alunos a ideia dos efeitos negativos associados à utilização de energia nuclear, nomeadamente, ao perigo de ocorrer uma explosão e da poluição do meio ambiente. Estas observações vêm ao encontro do que é referido por Gutiérrez et al. (2000) e García-Carmona e Criado (2010), segundo as quais, a maioria dos alunos associa a energia nuclear e centrais nucleares aos efeitos negativos, particularmente quanto há possibilidade de



contaminação do meio ambiente envolvente ou de ocorrência de um acidente nuclear. É de salientar que ao nível das vantagens que os alunos referem, antes e após a abordagem de ensino, subsiste a ideia de ser menos poluente para meio o ambiente, mas sem especificarem de que forma poderá ser menos poluente. Verifica-se, no entanto, uma evolução em termos de aprendizagem, dado que aumenta o número de alunos que refere corretamente de que forma se poderá tornar menos poluente. Além disso, aumenta o número de alunos que se posiciona favoravelmente em relação à possibilidade de construção de uma central nuclear em Portugal, o que poderá significar que esta mudança de atitude dos alunos se à discussão contextualizada das suas potencialidades e riscos, o que permitiu considerar novos pontos de vista nos alunos.

A análise comparativa efetuada, ao nível da evolução conceptual dos alunos na temática da radioatividade, possibilita-nos concluir que a metodologia de ensino aplicada, com base nos documentos de IDC, não terá contribuído significativamente para uma evolução positiva em alguns tópicos abordados. Com efeito, nenhum aluno, no pré e no pós teste, consegue identificar corretamente o significado físico de radioatividade, contudo, aumenta o número de alunos que indica corretamente algumas das suas aplicações. Subsistem, ainda assim, concepções cientificamente incorretas quanto a algumas das aplicações e tipo de radiação, sendo de referir as aplicações em medicina, na área da radiologia, ou radiação emitida pelos telemóveis. Muito embora todos os alunos indiquem conhecer ou já ter ouvido falar de radiações, à semelhança de um estudo efetuado por Rêgo (2004), verifica-se que têm dificuldades em distinguir os diferentes tipos de radiação e conhecer as suas características, nomeadamente no que se refere à radiação de raios X, de micro-ondas e radiação nuclear. Constata-se ainda que a maioria dos alunos associa as emissões radioativas de origem artificial a centrais nucleares, esquecendo, por exemplo, as emissões radioativas em centros hospitalares decorrentes de tratamentos médicos.

De tudo o que foi referido anteriormente pode-se, contudo, concluir que a abordagem de ensino adotada, embora não tenha sido suficiente para que todos os alunos ultrapassassem as suas dificuldades e construíssem concepções mais próximas do conhecimento *cientificamente correto*, permitiu, ainda assim, atingir um nível de aprendizagem bastante razoável, tendo contribuído globalmente para uma evolução conceptual positiva dos alunos.



Com o segundo e terceiro objetivos pretendia-se avaliar o efeito de uma metodologia de ensino baseada na utilização de documentos IDC na aprendizagem conceptual dos alunos e estudar o impacto desta metodologia na compreensão e discussão de situações no domínio do nuclear. Neste sentido, foram desenvolvidas diversas atividades didáticas baseadas em documentos de IDC, numa perspetiva de resolução de problemas com carácter investigativo. Com a implementação destas atividades de resolução de problemas observou-se um envolvimento crescente por parte dos alunos, estimulado pela atitude de questionamento, curiosidade e participação ativa em sala de aula dos alunos relativamente aos assuntos abordados, através da realização de trabalhos de pesquisa em pequenos grupos que eram, posteriormente, discutidos em grande grupo. O confronto entre a informação apresentada nos documentos e as conceções prévias dos alunos em relação aos fenómenos nucleares e a própria controvérsia em torno destas questões gerou diversas situações de debate sobre os temas em questão, que em algumas ocasiões extrapolaram as previsões iniciais da professora investigadora. Consideramos isto como um fator positivo, na medida em que os alunos, desta forma, procuraram estabelecer relações entre os documentos científicos analisados (textos ou vídeos), os conteúdos programáticos e a sua vivência quotidiana. São disso exemplo o debate gerado em torno do documento “*Energia nuclear, salvação ou catástrofe*” (Anexo C) e das pesquisas realizadas sobre o reator experimental termonuclear internacional (ITER) (Anexo C), em que foi discutido o impacto ambiental das centrais nucleares de fusão e fissão nuclear, mas também das potencialidades deste recurso energética em termos de poder energético efetivo e custos comparativamente com os combustíveis fósseis. No entanto, inicialmente verificaram-se alguns constrangimentos na implementação desta metodologia de trabalho, dado os alunos não estarem muito familiarizados com este tipo de atividade, em que se pretendia que desempenhassem um papel ativo ao interatuar com o ambiente e materiais de aprendizagem (Moreira & Valadares, 2009). Esta situação levou a que alguns alunos manifestassem a sua preocupação na apresentação de respostas incorretas relativamente aos assuntos em discussão, questionando a professora-investigadora com questões do tipo “*como sei se as minhas ideias estão certas?*”, ou ainda na dificuldade sentida em explanar as suas ideias/opiniões de forma consistente, tendo surgido questões como “*tenho de dizer mesmo o que eu acho? Não sei, muito bem como explicar.*” Tudo isto poderá significar que os alunos são normalmente confrontados com situações de aprendizagem em que assumem



papéis mais passivos e “*treinados*” a admitir uma só resposta como sendo a correta, à semelhança de um estudo realizado por Silva e Terrazzan (2001). A análise da informação recolhida, notas de campo e questionário de opinião, permitiu ainda concluir que alguns alunos possuíam poucos hábitos regulares de leitura, particularmente de informação de divulgação científica, refletindo-se na compreensão da informação transmitida e na verbalização das suas opiniões relativamente aos temas em debate. De facto, seis alunos referem no questionário de opinião ter sentido dificuldades na interpretação da informação apresentada por se tratar de linguagem científica específica e 36 % referem ter sentido dificuldades no tipo de metodologia de ensino implementada.

Note-se, contudo, que apesar das dificuldades, as atividades desenvolvidas proporcionaram diversas situações de debates de ideias e uma participação ativa dos alunos. Os alunos, globalmente, realizaram discussões ricas da informação apresentada, justificando as suas opiniões e tomadas de decisão face ao tema em debate.

Os resultados mostram que, apesar da complexidade em trabalhar com informação de divulgação científica numa base de trabalho investigativo, substituindo o tradicional manual, as atividades desenvolvidas mostraram-se adequadas ao tratamento do tema da área do nuclear, pois proporcionaram a contextualização dos conteúdos programáticos e a discussão de questões sócio científicas controversas. Com efeito, estas atividades permitiram o desenvolvimento de competências no domínio conceptual dos conceitos associados ao nuclear e no seu desenvolvimento cognitivo; de competências processuais através da recolha e seleção de informação, da argumentação oral e escrita e da estruturação do pensamento crítico (Reis, 2004); e de competências atitudinais, por exemplo, através do aprofundamento e melhoramento das relações entre pares com os trabalhos de grupo, interesse e envolvimento dos alunos no trabalho realizado, no desenvolvimento sócio afetivo dos alunos e respeito pelos pares.

A atribuição de tarefas/papéis e o debate realizado sobre as potencialidades e riscos da energia nuclear permitiram que os alunos compreendessem o papel da ciência e tecnologia, suas implicações na sociedade, para além de permitirem situações de ensino aprendizagem motivadoras e dinâmicas dos conceitos teóricos; objetiva também a alfabetização científica dos jovens, desenvolvendo uma cidadania consciente da sociedade que os rodeia. Efetivamente, da análise dos resultados do questionário de opinião, esta foi a atividade que os alunos referem como sendo aquela que mais favoreceu a sua aprendizagem por se verem



envolvidos no desempenho de papéis representativos da sociedade. Com efeito, pode-se dizer que a maioria dos alunos registou progressos no desenvolvimento das suas competências sociais e de cidadania, visto que a sua posição relativamente à tecnologia nuclear e suas aplicações se foi modificando reconhecendo algumas das suas potencialidades, nomeadamente na área da medicina.

Em suma, esta metodologia de ensino terá permitido promover nos alunos uma alfabetização científica em torno de aspetos tecnocientíficos relativos à energia nuclear, dado que inicialmente apresentavam poucos conhecimentos sobre o tema o que os limitava na sua capacidade de argumentação científica do assunto; além de que, à semelhança de um estudo realizado por García-Carmona e Criado (2010), as suas ideias iniciais sobre energia nuclear eram bastante pobres e subjetivas, fruto de um conhecimento prévio e sensacionalista tendo, normalmente, como fonte as informações veiculadas pelos *media*, constituindo, na maioria das vezes, informações baseadas no medo, no alarmismo e nos efeitos catastróficos da energia nuclear.

A análise dos resultados permite ainda concluir, que a contextualização dos temas abordados numa perspetiva CTS e a discussão de assuntos controversos, proporcionou aos alunos a aquisição de conhecimentos científicos e tecnológicos relativos aos fenómenos nucleares, que terão contribuído para a sua formação básica e integral enquanto cidadãos críticos e responsáveis, permitindo-lhes expressar as suas opiniões com sentido crítico e racional, assim como, estimular a sua curiosidade e envolvimento no seu processo de ensino e aprendizagem. Finalmente, é de referir que os alunos consideraram que as atividades desenvolvidas na implementação deste estudo contribuíram para aprender melhor, de forma diferente e mais estimulante, nomeadamente através da discussão de questões sócio científicas controversas. Com efeito, a metodologia implementada, baseada na aprendizagem por investigação com utilização de documentos de IDC, favoreceu a assimilação progressiva e significativa dos conceitos abordados.



5.3. Implicação do estudo

O lançamento da bomba atômica em Hiroxima e Nagasaki (Japão, 1945) ou os acidentes nucleares em Chernobyl (URSS, 1986) e, mais recentemente, em Fukushima (Japão, 2011) criaram nas populações um clima de medo e insegurança relativamente à tecnologia nuclear. No entanto, a energia nuclear é responsável pela produção de energia elétrica para abastecimento de grande parte da população europeia. Áreas como a medicina, a aeronáutica ou a agricultura fazem uso desta tecnologia. Portanto, visível ou invisivelmente, a tecnologia nuclear está presente em múltiplas situações do nosso quotidiano. É necessário conhecer e compreender esta tecnologia, para podermos analisar as suas potencialidades e riscos. Um público cientificamente informado é capaz de analisar o desenvolvimento científico e tecnológico e as suas implicações éticas e morais, de forma crítica e fundamentada.

A aprendizagem dos fenómenos nucleares constitui, assim, uma forma de conhecer e compreender as suas implicações científicas e tecnológicas na sociedade atual. A discussão destas problemáticas permite aos alunos tornarem-se cidadãos cientificamente informados, desenvolvendo-lhes competências de argumentação, o pensamento crítico e a capacidade de tomada de decisão. Além disso, o desenvolvimento de atividades didáticas com base em documentos de IDC permitiu, não só contextualizar as temáticas em estudo, mas também, de forma autónoma através de pesquisa, explicar e interpretar os fenómenos envolvidos nas reações nucleares, conhecer as suas vantagens e riscos associados a esta tecnologia.

Os resultados deste trabalho indiciam que aumentou a motivação e envolvimento dos alunos na aprendizagem dos conteúdos da área do nuclear, pelo facto de terem tido uma participação ativa na construção do seu conhecimento.

Numa época em que a informação é quase instantânea e ao alcance de um *click*, a utilização de documentos de IDC diversos abrangendo as temáticas em estudo pode tornar-se uma mais-valia como recurso educativo, pois constitui uma alternativa aos manuais escolares, sendo que, neste caso, a informação não está imediatamente disponível, é necessário pesquisar, analisar, selecionar e interpretar a informação que interessa.

Atualmente são inúmeras as teorias de ensino e aprendizagem defendidas por diversos autores. Cabe aos professores a gestão das opções metodológicas de ensino e tornar o processo de ensino e aprendizagem mais eficaz, para se atingirem os objetivos pretendidos,



que passam por um maior envolvimento dos alunos, uma aprendizagem mais estimulante e empenhada no seu percurso educativo. Desta forma, consideramos que a abordagem de ensino com recurso a documentos de IDC respondeu, pelo menos parcialmente, a essas finalidades. Assim, não pretendemos que os nossos resultados sejam generalizáveis a outros contextos educativos, entre outros motivos porque se tratou de um estudo qualitativo em contexto natural da prática docente. No entanto, pensamos poderem servir de referência e estímulo a outros professores que desejem aprofundar o assunto e, optem por implementar uma educação em ciência mais pragmática e reflexiva das questões científicas e tecnológicas e suas implicações na vida quotidiana dos cidadãos.

5.4. Limitações do Estudo

Nas limitações a este estudo há a considerar os constrangimentos temporais decorrentes quer da organização temporal do estudo quer da sua aplicação, devido à estrutura organizativa do currículo e da escola.

Com efeito, o teste diagnóstico e questionário de opinião aplicados aos alunos da turma em estudo não foi alvo de teste piloto anterior à sua aplicação. Este facto deveu-se, tal como anteriormente mencionado, a limitações de organização temporal do estudo. No entanto, considera-se que esse impedimento não afetou a viabilidade e fiabilidade dos dados recolhidos, uma vez que na sua aplicação aos alunos não existiu nenhuma questão relacionada com o preenchimento quer do teste diagnóstico quer do questionário de opinião.

Os alunos da turma participante no estudo constituíam um grupo social e culturalmente mais desfavorecido, com menos acesso a meios de informação diversificada, o que poderá trazer algumas limitações nas conclusões tiradas, dado apresentarem mais limitações no acesso a informação diversificada, poucos hábitos de argumentação e exposição de ideias.

Por outro lado, o estudo foi aplicado a uma turma do 10º ano, na disciplina de Física e Química, disciplina essa com exame nacional no final do 11º ano, cuja matriz abrange os conteúdos programáticos do 10º e do 11º ano. Este facto originou dificuldades ao nível da programação e implementação das atividades a desenvolver. Uma vez que as atividades incidiam sobre conteúdos programáticos sobre o nuclear, na componente de química, e



estes apenas são abordados no primeiro período, a extensão do programa curricular não tornou possível prolongar em muitas aulas a abordagem do tema.

Convém ainda referir que, à semelhança do que refere Reis e Galvão (2005), a grande extensão dos programas, resultante da quantidade elevada de termos, conceitos, factos e teorias, não facilita a criação de espaços temporais indispensáveis à realização de atividades de reflexão e análise crítica, como são as atividades de discussão e a resolução de problemas.

5.5. Sugestões para futuras investigações

A Química e a Física nuclear, como se viu anteriormente, despertam interesse e curiosidade nos alunos, contudo, muitos dos trabalhos de investigação sobre esta temática focam-se mais em aspetos teóricos da Física e da Química nuclear, sendo poucos os estudos em Portugal sobre conceções dos alunos relativamente aos conceitos em estudo. Além disso, esta temática, para além de ser abordada no 10º ano de escolaridade, faz parte dos programas curriculares do Física e Química do 12º ano, onde se pretende uma abordagem mais profunda do tema.

Sendo assim, sugere-se que sejam realizadas investigações sobre as conceções dos alunos no domínio do nuclear, com uma amostra de alunos mais representativa, a fim de ser possível generalizar as conclusões. Considera-se pertinente realizar um estudo comparativo sobre as conceções no âmbito dos fenómenos nucleares com alunos do 10º ano e do 12º ano de Química ou Física, ou seja, à entrada e à saída de um ciclo de estudos, e avaliar a evolução ao nível da aprendizagem nestes dois anos de escolaridade.

Aplicar a metodologia de ensino a alunos do 12º ano de Física ou de Química, para avaliar e comparar o seu impacto em alunos à entrada e à saída do ensino secundário.

Considera-se ser possível aperfeiçoar e desenvolver os instrumentos utilizados neste estudo, nomeadamente os documentos de IDC usados e eventualmente incluir outros. Esta informação seria útil para elaborar instrumentos de recolha de dados mais eficazes, permitindo comparar a reação dos alunos, partindo desta metodologia de ensino e aprendizagem.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Bibliografia

- Abrunhosa, A. (2011). Ciência - Os efeitos da radiação. *Quero Saber*, 11, 78 - 79.
- Abrunhosa, A. (2011). Ciência - Radiação Nuclear. *Quero Saber*, 8, 52 - 53.
- Aikenhead, G. S. (2009). *Educação Científica para todos*. Portugal: edições pedagogo.
- Almeida, M. J. (2004). *Preparação de professores de física – uma contribuição científica e didáctica*. Coimbra: Livraria Almedina.
- Alsop, S. W. (1997). Sources from a Sommerset Village: a model for Informal Learning about Radiation and Radioactivity. *Science Education*, 81, 633-650.
- Alveti, M. A. (1999). Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje. *Dissertação de Mestrado*. Florianópolis, Brasil. Acedido a 15 de Novembro, 2011, em http://www.cciencia.ufri.br/Publicacoes/Dissertacoes/Alveti_tese.pdf
- Arons, A. B., (2003). *Generalizações a partir dos resultados da investigação pedagógica*. *Gazeta de Física*, vol. 26 (2-3), 4-9.
- Ausubel, D. N. (1980). *Psicologia Educacional*, 2ª edição. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Bachelard, G. (2005). *A formação do espírito científico, contribuição para uma psicanálise do conhecimento*, 5ª edição. Rio de Janeiro: Editora Contraponto, original publicado em 1938. Acedido a 5 de Maio, 2012, em [http://bvespirita.com/A%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20do%20Esp%C3%ADrito%20Cient%C3%ADfico%20\(Gaston%20Bachelard\).pdf](http://bvespirita.com/A%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20do%20Esp%C3%ADrito%20Cient%C3%ADfico%20(Gaston%20Bachelard).pdf)
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*, 4ª edição. Lisboa: Edições 70
- Batista, M. E. (2010). *Aprendizagem de física e química baseada na resolução de problemas*. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Behrens, M. A. (2007). *Diálogo com paulo freire: um relato de experiência na formação de professores para a utilização crítica da tecnologia na prática pedagógica on line*. *Contra pontos*, vol. 7 (3), 586 - 600.
- Bell, J. (2010). *Como Realizar um Projecto de Investigação*, 3ª edição. Lisboa: Gradiva.
- Bogdan, R., Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação*. Colecção Ciências da Educação. Porto: Porto Editora.
- Caamaño, A. (coord.) (2011). *Física y Química - Complementos de formación disciplinar*. Barcelona: Editorial GRAÓ, Ministerio de Educación.
- Cachapuz, A., Praia, J. & Jorge, M. (2002). *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação.



- Cachapuz, A., Praia, J.(2000). Reflexão em torno das perspectivas do ensino das ciências: contributos para uma nova revisão curricular - ensino por pesquisa. *Revista de Educação*, IX(1), 69-78.
- Cavaleiro, M. N. (2007). *Química A, Física e Química A, 10º ano*. Porto: Edições ASA.
- Chang, R. (1994). *Química*, 5ª edição. Lisboa: MacGraw-Hill.
- Coutinho, C. P., Chaves, J. H. (2002). O estudo de caso na investigação em tecnologia educativa em Portugal. *Revista Portuguesa de Educação*, 15 (1), 221 – 243. Acedido a 20 de Novembro, 2011, em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/492/1/ClaraCoutinho.pdf>
- Dantas, M. C. (2007). *Jogo de Partículas A - Física e Química A, Química - 10º ano*. Lisboa: Texto Editores.
- DEB (2001a). *Currículo nacional do ensino básico – competências essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação, DEB. Acedido a 29 de Julho, 2012, em <http://www.dgidec.minedu.pt/fichdown/livrocompetencias/LivroCompetenciasEssenciais>
- DEB (2001b). *Ensino Básico – Ciências Físicas e Naturais – Orientações curriculares para o 3º Ciclo do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação, DEB. Acedido a 29 de Julho, 2012, em http://www.dgidec.minedu.pt/fichdown/programas/ciencias_fisicas_naturais.pdf.
- DES (2001). *Programa de Física e Química do 10º e 11º anos Cursos Científico Humanísticos de Ciências e Tecnologias*. Lisboa: Ministério da Educação, DES.
- Delisle, R. (2000). *Como realizar a aprendizagem baseada em problemas*. Porto: Asa Editores.
- Deus, J. D. (2000). *Introdução à Física*. Lisboa: MacGraw-Hill.
- Duarte, M. C. (1999). Investigação em ensino das ciências: influências ao nível dos manuais escolares. *Revista Portuguesa de Educação*, 12 (2), 227 – 248. Acedido a 20 de Dezembro, 2011, em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/494/1/ConceicaoDuarte.pdf>
- Fernandes, H., Leal, S. & Leal, J. (2011). e-lab: Olaboratório online. *Gazeta de Física*, vol. 33, 37- 40.
- Ferreira, A. P. (2010). *Questionamento dos professores: o seu contributo para a integração curricular*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal.
- Fiolhais, C. (2007). *Nova física divertida*. Lisboa: Gradiva
- Fonseca, J. R. (2008). *Os Métodos Quantitativos na Sociologia: Dificuldades de Uma Metodologia de Investigação*. VI Congresso Português de Sociologia - Mundos



sociais: saberes e práticas. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas-Universidade Nova de Lisboa, Portugal.

- Freire, P. (1989). *A Importância do Ato de Ler*, 23ª edição. Coleção Polêmicas do nosso tempo, São Paulo. (original publicado 1921). Acedido a 15 de Novembro, 2011, em <http://www.hdbr.org.br/data/site/uploads/arquivos/Paulo%20Freire%20-%20A%20Import%C3%83%C2%A2ncia%20do%20Ato%20de%20Ler.pdf>
- Galvão, C. & Reis, P. (2005). Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 10(2), 131 - 160. Acedido a 21 de Março, 2012, em <http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/4734/1/IEC2005.pdf>
- Galvão, C., Reis, P., Freire, S. & Faria, C. (2011). *Ensinar Ciências, Aprender ciências*. Porto: Porto Editora.
- García-Carmona, A. & Criado, A. (2008). *Enfoque CTS en la enseñanza de la energía nuclear: análisis de su tratamiento em textos de física y química de la ESO*. Acedido a 26 de Abril, 2012, em <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v26n1p107.pdf>
- García-Carmona & Criado, A. M. (2010). La competencia social y ciudadana desde la educación científica: una experiencia en torno a la energía nuclear. *Investigación en la escuela 2010*. Acedido a 26 de Abril, 2012, em http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/71/R71_3.pdf
- Gutiérrez, E. et al. (2000). *¿qué piensan los jóvenes sobre radiactividad, estructura atómica y energía nuclear?**. Enseñanza de las ciencias, pp. 247-257. Acedido a 26 de Agosto, 2012, em <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v18n2p247.pdf>
- Hill, A. M., Hill, A. (2009). *Investigação por questionário*, 2ª edição. Lisboa: Edições Sílabo.
- Lebrun, M. (2002). *Teorias e Métodos Pedagógicos para Ensinar e Aprender*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Lima, A. A. M. (2007). *As radiações no ensino básico e secundário*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra. Acedido a 16 de Outubro, 2011, em <http://estudogeral.sib.uc.pt:8080/handle/10316/2549>
- Linhares, E. & Reis, P. (2009). *Concepções e Experiências dos Alunos de uma Instituição de Ensino Superior sobre a Discussão em contexto Escola*. REU, SOROCABA, SP, vol. 35, p. 121. Acedido a 26 de Agosto, 2012, em <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/4616>
- Lopes, B. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Braga: Fundação Caloute Gulbenkian.



- Macedo, L. N. (2007). *Recursos experimentais e materiais auxiliares digitais para o ensino da química nuclear: Desenvolvimento, organização e avaliação*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. Acedido a 20 de Novembro, 2011, em <http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/lucia/docs/tesecompleta.pdf>
- Marques, J. B. (2009). Reactores nucleares de cisão: presente e futuro. *Gazeta da Física*, vol. 32 (1), 22 - 29.
- Martins, A. R. (2005). *Física, 12º ano*. Porto: Edições ASA.
- Martins, G. G. (2010). *Compreendendo os Fenómenos Nucleares, suas Aplicações e Implicações, através de uma Atividade Lúdica*. Dissertação de Mestrado. São Paulo, Brasil. Acedido a 23 de Novembro, 2011, em http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/18/TDE-2010-10-21T083011Z-3346/Publico/3256.pdf
- Martins, I. P. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 1, (1), 28-39. Acedido a 15 de Setembro, 2012, em <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1253615>
- Martins, I. et al (2005). Educação em Química e ensino da Química perspectivas curriculares - Parte II. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 96, 33-37.
- Martins, I. V. (2007). *Explorando Educação em Ciências e Ensino Experimental formação de professores*. Ministério da Educação.
- Ministério da Educação (2001). *Resultados do Estudo Internacional PISA 2000. Programme for International Student Assessment. Primeiro relatório nacional*.
- Moreira, J. (2004). *Questionários: teoria e prática*. Coimbra: Almedina.
- Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, Mudança Conceptual e Ensino de Ciências: Para onde vamos?. *Investigação em Ensino das Ciências*, vol.1(1), 20 - 39. Acedido a 2 de Dezembro, 2011, em http://200.189.113.123/diaadia/diadia/arquivos/File/conteudo/artigos_teses/Ciencias/Artigos/mortimer.pdf
- Neto, A. J. (1998). *Resolução de problemas em física – conceitos, processos e novas abordagens*. Portugal: Instituto de Inovação Educacional.
- Novak, J. D., Gowin, D. B. (1996). *Aprender a Aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.



- Novak, J., Moreira, M., Cachapuz, A., Valadares, J., Martínez et al (2000). *Teoria da Aprendizagem Significativa - contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*. Peniche, Portugal. Obtido a 25 de Setembro de 2012 em: <http://www.univab.pt/cestudos/centros/cecme/Peniche%202000,%20Teoria%20da%20Aprendizagem%20Significativa,%20Contributos%20do%20III%20Encontro%20Internacional.pdf#page=68>
- OCDE/PISA. (2007). *PISA 2006 - Science Competencies for Tomorrow World*. OECD Publishing. Acedido a 25 de Maio, 2012, em <http://www.oecd.org/pisa/>
- Osborne, J. (2003). A Educação Científica na Sociedade de Hoje. *Gazeta de Física*, vol. 26, Fascículo 2-3, 12-13.
- Osborne, J., Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: critical reflections*. King's College London: The Nuffield Foundation. Acedido a 5 de Agosto, 2012, em: <http://www.kcl.ac.uk/content/1/c6/01/32/03/b2000.pdf> .
- Osborne, J., Miller, R. (2001). *Beyond 2000: Science education for the future*. The report of a seminar series funded by Nuttielf Foundation. Acedido a 5 de Agosto, 2012, em <http://www.kcl.ac.uk/content/1/c6/01/32/03/b2000.pdf>
- Pardal, L., Lopes, E. (2011). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*, 2ª edição. Porto: Areal Editores.
- Parisi, L. (1986). *Creative Role-Playing Exercises in Science and Technology*. Social Science Education Consortium, Inc. ERIC Clearinghouse for Social Studies/Social Science Education. Colorado. Acedido a 5 de Janeiro, 2012, em <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED269329.pdf>
- PARSEL (2011). *Popularity and Relevance of Science Education for Science Literacy*. Sixth framework programme science and society priority, S. F.. Acedido a 15 de Fevereiro, 2012, em <http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/index.php?id=44>
- Ponte, J. P. *O estudo de caso na investigação em educação matemática*. Acedido a 28 de Julho, 2012, em: <http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt/94-Ponte.pdf>
- Quivy, R., Campenhoudt, L.V.. (2008). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*, 5ª edição. Lisboa: Gradiva.
- Rebelo, I. S. (2004). *Desenvolvimento de um modelo de formação: um estudo na formação contínua de professores de química*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. Acedido 28 de Julho, 2012, em <http://hdl.handle.net/10773/1477>
- Rebelo, I.S., Martins, I.P. & Pedrosa, M. A. (2008). Formação Contínua de Professores para uma Orientação CTS do Ensino de Química: um estudo de caso. *Química nova*



- na Escola, N.º 27, pp. 30 - 33. Acedido a 17 de Setembro, 2012, em <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1253615>
- Reger, D. G. (1997). *Química: Princípios e Aplicações*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Rêgo, F. (2004). *As radiações no ensino*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências de Lisboa- Departamento de Física, Lisboa. Acedida a 20 de Novembro, 2011, em http://www.lip.pt/~luis/teses/florbela_rego_tese.pdf
- Reis, P. (2004). *Controvérsias sócio-científicas: discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de ciências da terra e da vida*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal. Acedido a 5 de Janeiro, 2012, em <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/4734>
- Reis, P. R. (2003). *O "Admirável Mundo Novo" em Discussão*. Lisboa: Ministério da Educação, Instituto de Inovação Educacional. Acedido 8 de Dezembro, 2011, em <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/4609?mode=full>
- Ribeiro, F. (2010). Tecnologia - Energia nuclear. *Quero Saber*, 2, 70 - 71.
- Rocha, A. (1999). *Avaliação de escolas*. Porto: Edições ASA.
- Roldão, M. d. (2008). *Gestão do Currículo e Avaliação de Competências - As questões dos professores*. (5ª edição). Lisboa: Editorial Presença.
- Roldão, M. d. (s.d.). *Os Professores e a Gestão do Currículo - Perspectivas e Práticas em Análise*. Porto: Coleção CIDInE, Porto Editora.
- Rosa, D. C. (2002). *Textos de Divulgação Científica na séries iniciais: um caminho para a alfabetização científico-tecnológica de crianças*. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, Brasil. Acedido a 15 de Novembro, 2011, em <http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/viewArticle/691>
- Sanches, M. F. (org.) (2009). *A escola como espaço social - Leituras e olhares de professores e alunos*. Portugal: Porto Editora.
- Santos, M. (1994). Formação de Professores no domínio de uma alfabetização científica e tecnológica. In *actas do IV Encontro Nacional de Docentes de Ciência da Natureza: "Investigação didáctica e ensino inovador das ciências do 1º e 2º ciclos do ensino Básico"*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Santos, M. E. (1998). *Mudança Conceptual na Sala de Aula*, 2ª edição. Portugal: Biblioteca do Educador, Livros Horizonte.



- Schumacher, S., MacMillon, J. (1997). *Research in education: a conceptual introduction*, 5ª edição. Nova Iorque: Addison Wesley Longman, Inc.
- Sebarroja, J. C. (2001). *A Aventura de Inovar: A mudança na escola*. Porto: Porto Editora.
- Serway, R. A. (2005). *Princípios de Física, Óptica e Física Moderna*. vol. 4. São Paulo: Thomson Learning.
- Silva, P. R., Terrazzan, E. A. (2006). *Utilizando Atividades Didáticas Baseadas em Textos de Divulgação Científica, Pós Graduação em Educação (2006)*. Acedido a 12 de Outubro, 2011, em www.root\eventos\snef\xvii\sys\resumos\T0538-1.doc.
- Sorpreso, T. P. (2008). *Organização de Episódios de ensino sobre a Questão do Nuclear*. Dissertação de Mestrado. Campinas, Brasil.
- Sousa, A. (2010). *Despertando Responsabilidade Social no Ensino Médio por Meio de Temáticas Associadas à Física Nuclear*. Dissertação de Mestrado. Natal, Brasil.
- Sousa, G. d. (2005). *Metodologia da Investigação, Redacção e Apresentação de Trabalhos Científicos*. Porto: Livraria Civilização Editora.
- Tuckman, B. W. (2005). *Manual de Investigação em Educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- UNESCO. 1996. Educação, um tesouro a descobrir. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. Acedido a 28 de Julho, 2012, em <http://ftp.infoeuropa.euroid.pt/database/000046001-000047000/000046258.pdf>
- Valadares, J., Moreira, M., A. (2009). *A Teoria da Aprendizagem Significativa - sua fomentação e implementação*. Coimbra, Portugal: Edições Almedina.
- Varandas, C. (2008). *TV Ciência on-line - Tecnologia*. (2008). Obtido de TV Ciência on-line: acedido a 15 de Novembro, 2011, em <http://www.tvciencia.pt>
- Veríssimo, A. (2001). *Educação em Ciências e Cidadania: Porquê, Onde e Como*. In vários, *Ensino Experimental das Ciências* (155-163). Lisboa: Ministério da Educação, DES.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous Reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* 1(2), 205 - 221.
- Vieira, N. (2007). *Literacia científica e Educação de Ciência. Dois objectivos para a mesma aula*. Revista Lusófona de Educação, 10, 97-108.
<http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/rle/n10/n10a08.pdf>



Vygotsky, L. (1991). *Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar - I, In Psicologia e Pedagogia, Biblioteca de ciências pedagógicas*. Lisboa: Editorial Estampa.

Yin, R. K. (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 4ª edição. Porto Alegre:



ANEXOS



ANEXO A - Teste Diagnóstico



Teste Diagnóstico

Este é um teste de opinião e destina-se apenas à verificação de conhecimentos relativamente ao tema energia nuclear e radiação nuclear.

Não é uma ficha de avaliação

Nome: _____ Idade: _____ Turma: _____ Ano: _____

Grupo 1

Lê o seguinte texto e responde às questões seguintes:

“Em menos de um minuto, o universo passa a ocupar um milhão de bilião de quilómetros em todas as direcções, e continua a crescer. Faz, imenso calor, neste momento, dez biliões de graus, o suficiente para iniciar as reacções nucleares que criam os elementos mais leves – principalmente o hidrogénio e o hélio, com uma pitada (cerca de um átomo em cem milhões) de lítio.”

“Breve História de Quase Tudo” – Bill Bryson

1. Identifica no texto os primeiros elementos que se formaram no universo. _____

2. O que entendes por reacções nucleares? _____

3. No ensino básico estudaste algumas reacções químicas. O que distinguirá uma reacção química de uma reacção nuclear? Indica algumas diferenças, que conheças, entre reacções nucleares e reacções químicas.



4. Tal como na formação dos primeiros elementos no universo, as reações envolvidas nas centrais nucleares são reações nucleares.

As reações nucleares que ocorrem nas centrais nucleares e nas estrelas são do mesmo tipo?

SIM ☐

Não ☐

Se respondeste **NÃO**, indica em que diferem. _____

Grupo II

Lê o texto que a seguir se apresenta e responde às questões.

Salvação ecológica ou catástrofe iminente?

Após o acidente nuclear de Three Mile Island em 1979 e o desastre de Chernobyl em 1986, a energia nuclear passou para o primeiro lugar da lista de vilões ambientais. Mas face à preocupação crescente com o aquecimento global, a energia nuclear poderá voltar a adquirir vantagem.

revista Quero Saber – nº 2, Novembro 2010

5. Em que medida poderá a energia nuclear adquirir vantagem face a outros combustíveis, nomeadamente face aos combustíveis fósseis. _____

6. Indica algumas vantagens ambientais que conheças para a utilização de energia nuclear.

7. Explica o que quer o autor dizer com a frase: “a energia nuclear passou para o primeiro lugar da lista de vilões ambientais”. _____



8. No texto são referidos dois acidentes envolvendo centrais nucleares. Refere se conheces mais algum acidente. _____

Em caso afirmativo, indica qual ou quais. _____

9. Que riscos conheces associados à utilização de energia nuclear e aos acidentes nucleares?

10. *Nos últimos anos, alguns países decidiram que os benefícios da utilização de energia nuclear compensam os riscos. Para esses países a energia nuclear é a energia do futuro – tal como era há 60 anos.*

Adaptado de “Quero Saber”, nº 2, Novembro de 2010

Concordarias com a instalação de uma central nuclear em Portugal? Justifica a tua opção.

Grupo III

Radiação nuclear - radioactividade

11. Já ouviste falar em radiação nuclear ou radioactividade?

SIM ☐

NÃO ☐

Se respondeste **SIM** refere onde ou em que situação: _____

12. O que entendes por radiação nuclear ou radioactividade? _____



13. Em tua opinião, a radiação nuclear pode trazer benefícios, malefícios ou ambos para os seres vivos. Justifica a tua opinião. _____

14. Na nossa vida quotidiana estamos, por muitas vezes expostos a radiação nuclear. Indica em que locais e situações o podemos estar sujeitos a essa exposição.

Locais: _____

Situações: _____

15. Conheces algumas aplicações úteis na utilização de radiação nuclear?

SIM ☐

NÃO ☐

Se respondeste **SIM**, indica quais. _____

16. As fontes de radiação nuclear podem ser de origem natural ou artificial (produzidas pelo Homem). Indica fontes de radiação, que conheças, de:

Origem natural	Origem artificial

Obrigado(a) pela colaboração
Vanda Paula Nereu



ANEXO B – Questionário de Opinião



Questionário de Opinião

Nome: _____ Turma: _____ Idade: _____ anos **10º ano**

Neste questionário pretende-se que respondas com toda a sinceridade e a todas as questões, de modo a que se possa analisar cada resposta, e concluir acerca da tua opinião sobre o modo como foi lecionado o tema **"Reações nucleares, radiação nuclear e suas aplicações"**. A tua opinião é muito importante.

Obrigado(a) pela tua colaboração.

Parte I – Método de Ensino e a sua eficácia

1. Preenche o **quadro 1**, emitindo a tua opinião relativamente ao método de ensino e sua eficácia na tua aprendizagem do tema **"Reações nucleares, radiação nuclear e suas aplicações"**.

Assinala a tua opção de 1 a 5, de acordo com a escala da **tabela 1**.

Tabela 1

1	Discordo plenamente
2	Discordo
3	Não discordo nem concordo
4	Concordo
5	Concordo plenamente

Quadro 1

	1	2	3	4	5
A) O modo como o tema foi lecionado aumentou o meu interesse pelo estudo desta temática					
B) O modo como o tema foi lecionado contribuiu para o meu sucesso na disciplina de Física e Química					
C) A apresentação de situações diversificadas nas aulas, contribuiu para ter uma perspetiva diferente relativamente ao tema					



D) A forma como foi lecionado o tema contribui para ter mais consciência pela problemática do nuclear, tornando-me um cidadão mais informado.					
E) A apresentação de situações do quotidiano, ajudou a pensar no modo de viver em sociedade.					
F) A apresentação de situações ligadas ao dia-a-dia, permite analisar mais conscientemente os prós e contras da energia nuclear e radiação nuclear					

2. Em relação às atividades desenvolvidas na aula, relativamente ao tema “**Reações nucleares, radiação nuclear e suas aplicações**”: (assinale com **X** a opção)

- ☐ Gostei muito
- ☐ Gostei
- ☐ Não gostei nem desgostei
- ☐ Não gostei
- ☐ Detestei

Parte II – Atividades desenvolvidas na aula

3. Relativamente aos conceitos abordados na aula.....

- ☐ A) senti dificuldades
- ☐ B) não tive dificuldades, compreendi todos os conceitos abordados

Se a opção foi a **B)**, passa para a questão **5.**, caso tenha sido a opção **A)** responde à questão **4.**.

4. Na questão seguinte podes assinalar mais do que uma opção. Senti dificuldades na abordagem dos conceitos porque....

A) não entendi os conceitos abordados nos documentos apresentados;

☐

B) ... não consegui interpretar a informação dada por se tratar de uma linguagem científica muito específica;

☐



C) ... tenho dificuldades de interpretação de textos escritos

☐

D) ... não me consegui concentrar na atividade

☐

E) ... outro motivo

☐

Se assinalaste as opções **D)** ou **E)**, responde à questão **4.1.** e **4.2.** . No caso de teres assinalado as opções **A)**, **B)** e **C)** passa para a questão **5.**

4.1. Indica porque motivo tiveste dificuldades de concentração. _____

4.2. Indica qual o outro motivo. _____

5. As atividades desenvolvidas na aula, ajudaram-me a... (preencha a tabela seguinte)

	Nada	Quase nada	Pouco	Bastante	Muito
• Na compreensão dos conteúdos lecionados					
• Na compreensão das informações dadas					
• No estabelecimento de uma relação com situações do quotidiano					
• Na discussão temas diferentes					
• Na organização de ideias					
• Na exposição de ideias					
• Despertar a curiosidade					



6. Preenche o quadro 2, assinalando a tua opção de 1 a 5, em que 1 é discordo completamente e 5 concordo plenamente (de acordo com a tabela 1).

	1	2	3	4	5
A) As atividades desenvolvidas tornaram a aprendizagem dos conteúdos lecionados mais estimulantes					
B) A forma como foram lecionadas as aulas permitiu-me aprender melhor					
C) A forma como foram lecionados as aulas permitiu-me aprender de forma diferente					
D) Os debates gerados na turma em torno do tema em estudo, ajudaram-me na aprendizagem dos conceitos em estudo					

Parte III – apreciação Global da Aulas

7. Pronuncia-te sobre os aspetos abaixo mencionados relativos às aulas sobre “**Reações nucleares, radiação e suas aplicações**”

a) O que mais gostei: _____

b) O que menos gostei: _____

c) O que não deveria repetir-se: _____

d) O que deveria manter-se sempre: _____

e) O que mudaria: _____



8. Escreve outras opiniões ou comentários que digam respeito:

a) Ao modo como foi lecionado o tema “**Reações nucleares, radiação nuclear e suas aplicações**”.

b) Ambiente criado nas aulas. _____

c) Importância dos assuntos tratados na minha compreensão pelo mundo atual.

FIM

Obrigado(a) pela colaboração

Vanda Nereu



ANEXO C – Documentos de IDC



Doc. 1 – Formação dos primeiros elementos químicos

COMO CONSTRUIR UM UNIVERSO

Por mais que tente nunca vai conseguir perceber o quão pequeno, quão espacialmente insignificante é um próton. É simplesmente de uma pequenez inimaginável.

Um próton é uma infinitésima parte de um átomo, que em si próprio já é também uma coisa insubstancial. Os prótons são tão pequenos que a porção de tinta usada para pôr a pinta neste *i* pode conter qualquer coisa como 500 000 000 000 prótons, mais do que o número de segundos em meio milhão de anos. Ou seja, os prótons são extraordinariamente microscópicos, para dizer o mínimo.

Imagine agora, se conseguir (mas pode ter a certeza de que não consegue), que encolhe um desses prótons até uma bilionésima parte do seu tamanho, até uma dimensão tão pequena que, em comparação, um próton daria a impressão de ser gigante. Agora ponha dentro desse espaço infinitamente diminuto cerca de 30 gramas de matéria. Ótimo. Está pronto para começar um universo.

Partindo do princípio, claro, de que você quer construir um universo inflacionário. Mas se preferir construir um universo mais antiquado, do género *Big Bang*, vai precisar de mais material. Para dizer a verdade, vai precisar de reunir tudo o que existe – todo e cada grão e partícula de matéria surgidos desde o início da criação até agora – e enfiá-los num lugar tão infinitamente compacto que fica sem dimensão. Chama-se a isto uma singularidade.

Em qualquer dos casos, prepare-se para um verdadeiro *big bang*. É evidente que vai querer retirar-se para um lugar seguro, a fim de poder observar o espectáculo. Infelizmente, esse lugar não existe, porque, fora da singularidade, não existe *onde*. Quando o universo começa a expandir, não se vai espalhando para preencher um espaço vazio à sua volta. O único espaço que existe é o espaço que vai criando à medida que se expande.

Apesar de não ser assim, há a tentação de visualizar a singularidade como uma espécie de ponto inchado, suspenso num vácuo escuro e sem fronteiras. Mas não existe espaço, nem escuridão. A singularidade não tem “à volta” à sua volta. Não há espaço para ser ocupado, não há espaço para ela existir. Nem sequer podemos perguntar há quanto tempo está lá – ou se acabou de surgir, como uma boa ideia, ou se esteve ali desde todo o sempre, a aguardar o momento certo. O tempo não existe. Não existe passado de onde ela possa ter surgido.

E portanto, o nosso universo surge do nada.

Num único pulsar ofuscante, num momento de glória demasiado rápido e expansivo para se exprimir por palavras, a singularidade assume dimensões celestiais, um espaço para além de qualquer conceito. No primeiro segundo da história (um segundo a que muitos cosmólogos dedicam a sua carreira, reduzindo-o a camadas cada vez mais finas), produz-se a gravidade e as outras forças que governam a física. Em menos de um minuto, o universo passa a ocupar um milhão de bilião de quilómetros em todas as direcções, e continua a crescer. Faz imenso calor neste momento, dez biliões de graus, o suficiente para iniciar as reacções nucleares que criam os elementos mais leves – principalmente o hidrogénio e o hélio, com uma pitada (cerca de um átomo em cem milhões) de lítio. Em três minutos, produz-se 98 por cento de toda a matéria que existe ou alguma vez existirá. Temos um universo. Um lugar de uma potencialidade espantosa e compensadora e de grande beleza. E tudo foi feito no mesmo tempo que levamos a fazer uma sanduíche.

O momento em que isto aconteceu é que já é assunto para um longo debate. Os cosmólogos há muito que discutem se terá sido há dez biliões de anos, ou o dobro, ou algures entre esses dois números. O consenso parece estar mais perto de um número como 13,7 biliões de anos, mas evidentemente tudo isto é incrivelmente difícil de medir, como teremos a oportunidade de ver mais adiante. Tudo o que se pode realmente dizer é que, a dado ponto indeterminado, num passado muito distante e por razões desconhecidas, surgiu uma ciência em que $t = 0$. Estávamos a caminho.

É claro que continua a haver muito que não sabemos, e muito do que achamos saber, na verdade não sabemos. Mesmo a noção do *Big Bang* é muito recente. Apesar de a ideia ter começado a manifestar-se nos anos 1920, foi Georges Lemaître, um padre e cientista belga, o primeiro a propô-la numa base experimental. Mas só por volta dos anos 1960 é que essa noção se tornou mais importante em cosmologia, quando Arno Penzias e Robert Wilson, ambos astrónomos, fizeram uma descoberta totalmente inesperada. Em 1965, quan-



do estavam a tentar utilizar uma antena de comunicação gigante pertencente aos Bell Laboratories, em Holmdel, Nova Jérsey, foram confrontados com um barulho de fundo persistente – um silvo constante e agudo que tornava impossível qualquer experiência. Era um ruído persistente e de origem difícil de detectar. Vinha de todas as direcções do céu, noite e dia, em todas as estações do ano. Durante um ano, os dois jovens astrónomos fizeram tudo para identificar e eliminar aquele barulho. Testaram o sistema eléctrico todo, reconstruíram instrumentos, verificaram circuitos, ligaram fios, limpavam tomadas. Subiram ao prato e colocaram fita isoladora em cada junta e rebite. Voltaram a subir ao prato com vassouras e escovas para limpar aquilo a que mais tarde se referiram num documento como “material dieléctrico branco”, ou seja, aquilo a que vulgarmente chamamos cocó de pássaro. Tudo sem resultado.

Mal sabiam eles que na Universidade de Princeton, a apenas 50 quilómetros de distância, uma equipa de cientistas chefiada por Robert Dicke tentava encontrar justamente aquilo de que eles tão afanosamente se tentavam desembaraçar. Os investigadores de Princeton estavam a desenvolver a ideia do astrofísico de origem russa George Gamow, sugerida em 1940, segundo a qual, se perscrutássemos profundamente o espaço, encontraríamos uma radiação cósmica de fundo, um resquício deixado pelo *Big Bang*. Gamow calculou que, quando esta acabasse de atravessar a vastidão do cosmos, chegaria à Terra sob a forma de microondas. Num estudo posterior, chegou mesmo a sugerir um instrumento que poderia eventualmente comprovar isso: a antena Bell, em Holmdel. Infelizmente, nem Penzias, nem Wilson, nem qualquer dos membros da equipa de Princeton tinham lido o artigo de Gamow.

“Breve história de quase tudo”, Bill Bryson, 2007, Lisboa

Questões

1. O que entendes por “singularidade” descrita no texto.
2. O que existia antes da “singularidade”?
3. De acordo com o texto, descreve cronologicamente o que aconteceu no Universo até a sua formação.
4. Na tua opinião porque dedicam muitos cosmólogos a sua carreira “ao primeiro segundo da história”.
5. Qual a temperatura do universo no primeiro minuto.
6. Quais os primeiros elementos químicos que se formaram? Porque foi possível formarem-se os primeiros elementos?
7. Após a singularidade a temperatura do universo era muito elevada.
 - 7.1. Indica qual o valor referido no texto.
 - 7.2. A temperatura do universo continuou a aumentar ou a diminuir?
8. Qual a prova evidenciada no texto que prova a existência do Big Bang?



Doc. 2 – Reações de fissão e fusão nuclear

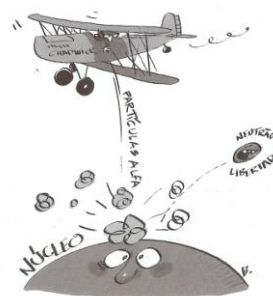
Lê atentamente o texto seguinte, e em grupo responde às questões apresentadas.

Dos núcleos às estrelas

“ A primeira reação nuclear - isto é, uma experiência de colisão em que os núcleos nela intervenientes perdem, durante o processo, a sua identidade inicial – foi observada em 1919 pelo mesmo Rutherford, que tinha descoberto o núcleo. A experiência consistiu em enviar partículas alfa (núcleos de hélio, ${}^4_2\text{He}$) contra o azoto (${}^{14}_7\text{N}$), verificando-se que saía oxigénio (${}^{17}_8\text{O}$) e hidrogénio (${}^1_1\text{H}$). Estava-se perante uma experiência moderna de alquimia! Era uma autêntica proeza, apesar de não se fazer ouro (de resto, já se conseguiu depois disso fazer ouro no laboratório através de uma reacção nuclear): entravam dois elementos e saíam dois completamente diferentes Neste caso, ao contrário das reacções químicas, eram os próprios núcleos que mudavam de identidade.
(...)

De 1935 a 1945, Enrico Fermi, professor italiano da Universidade de Roma exímio tanto na teoria como na experiência, foi um dos actores principais dos desenvolvimentos da física nuclear. (...) Uma vez descoberto o neutrão, Fermi começou por efectuar numerosas experiências de bombardeamento de outros núcleos com neutrões, desencadeando várias reacções nucleares. Ganhou por toda essa actividade o Prémio Nobel da Física de 1938.

Usando ainda a colisão de neutrões, os alemães Otto Hahn e Fritz Strassman descobriram em 1938 a cisão do urânio, num laboratório em Berlim. O urânio 235, quando bombardeado com neutrões, dava origem a núcleos de cripton e bário, muito mais leves que o urânio, enquanto libertava neutrões. A cisão nuclear foi logo explicada por uma física de sueca de origem austríaca, Lise Meitner, e por um seu sobrinho, Otto Frish. Um tal processo pode ser induzido por neutrões ou pode mesmo aparecer espontaneamente, sendo neste caso, tal como acontece no decaimento alfa, um fenómeno de física quântica.



A cisão nuclear, descoberta no início da Segunda Guerra Mundial, viria a provocar o seu fim, como é sabido. (...)

Em 1942, Enrico Fermi, que tinha atravessado o Atlântico para se fixar em Chicago, conseguia pôr a funcionar, debaixo da bancada de um estádio, a primeira reacção em cadeia no urânio. O urânio bombardeado com neutrões lentos libertava novos neutrões (por cada um que entrava saíam dois), que, por sua vez cindiam outros núcleos de urânio. Em 15 de Julho de 1945, num sítio chamado Trinity Zero, no deserto do Novo México e no maior segredo, era realizada a primeira explosão de uma bomba atómica.”

Adaptado *Nova Física Divertida*, Carlos Fiolhais, pp. 130-136

Atendendo às informações fornecidas no texto, procura, em grupo, responder às questões seguintes:

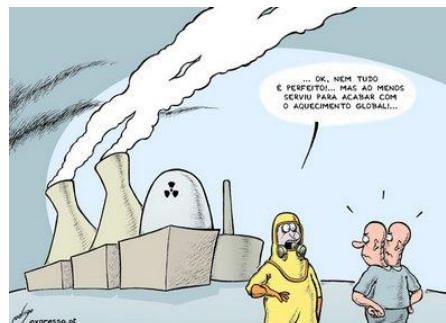
1. Qual a diferença entre reacções químicas e reacções nucleares?
2. Em que consistiu a experiência de Rutherford?
3. O que são reacções nucleares? Usa afirmações do texto que confirmem a tua resposta.
4. Com as informações fornecidas no texto, procura escrever a equação que traduz a experiência de Rutherford.
5. A energia das reacções nucleares começou a ser usada para por fim à 2ª Guerra Mundial. Atualmente a sua utilização é mais diversificada. Efetua uma pesquisa sobre a utilização/aplicação da energia nuclear no mundo atual.



Doc. 4 – Vantagens e desvantagens da energia nuclear

ENERGIA NUCLEAR: SALVAÇÃO ECOLÓGICA OU CATÁSTROFE IMINENTE?

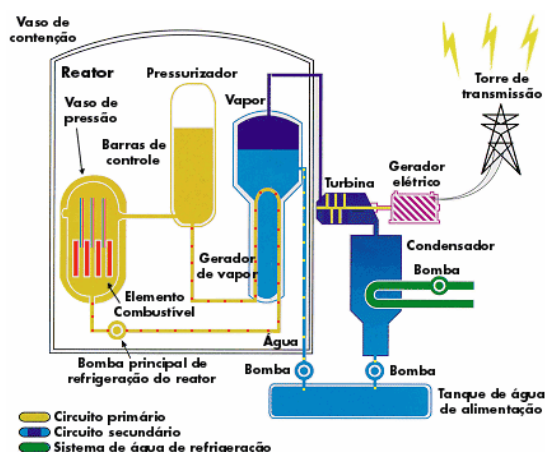
Após o acidente nuclear de Three Mile Island em 1979 e o desastre de Chernobyl em 1986, a energia nuclear passou para o primeiro lugar da lista de vilões ambientais. Mas face à preocupação crescente com o aquecimento global, a energia nuclear poderá voltar a adquirir vantagem. Como não produz gases de efeito de estufa, os seus defensores consideram-na uma alternativa verde aos combustíveis fósseis, já que meio quilo de urânio enriquecido tem o mesmo valor calorífico que 81 toneladas de carvão ou 55 milhões de litros de gasolina. Mas há um grande senão. O combustível nuclear produz lixo radioactivo, que pode causar cancro, desencadear defeitos congénitos e mutações. As centrais de energia nuclear são colossais, mas a acção a sério acontece a nível subatómico. O único propósito da central é utilizar a energia da fissão nuclear – uma reacção em que o núcleo de um átomo é dividido em dois. A maioria das centrais nucleares em funcionamento obtém energia provocando a fissão nuclear em óxido de urânio enriquecido, composto por 96 a 97 % de urânio 238 e 3 a 4 % de urânio 235. O urânio é o segundo elemento natural mais pesado e um dos mais fáceis de separar. Quando um neutrão livre relativamente lento colide com um átomo de urânio 235, o átomo absorve o neutrão e fica instável devido à energia extra. O átomo divide-se em dois mais pequenos, dois ou três neutrões livres e a fotões de alta energia – os raios gama.



(...)

Com a mistura certa de urânio 235, consegue-se desencadear uma reacção em cadeia.

Alguns dos neutrões livres gerados na fissão vão colidir com outros átomos de urânio 235 e causar a divisão destes átomos, produzindo mais neutrões livres. Colectivamente a reacção em cadeia gera muito calor. A função principal do equipamento da central nuclear é recolher o calor e gerar electricidade.



(...)

À excepção da reacção de fissão, uma central nuclear funciona de forma similar a uma central a carvão: o combustível gera calor, que aquece água, que produz valor, que faz girar uma turbina, que acciona um gerador eléctrico.”

revista Quero Saber – nº 2, Novembro 2010



Doc. 5 – Potencialidades da fusão nuclear

Lê atentamente o texto seguinte.

A Fusão Nuclear é a fonte de energia das Estrelas e constitui uma fonte potencial de energia limpa, segura, praticamente inesgotável e economicamente atractiva para a Humanidade.

A procura de novas fontes de energia é hoje um desafio constante, levando cientistas a considerar a reprodução de um sol na terra. Um sonho ou uma realidade cada vez mais próxima com o grande projecto ITER. Um projecto baseado na fusão nuclear. A área de investigação do nuclear desenvolve-se em Portugal de modo a manter uma avaliação constante entre as necessidades de energia e o recurso a fontes sustentáveis e de menor impacto ambiental.

Energia, cada vez mais energia. O consumo aumenta todos os dias. O petróleo, o carvão, o gás até há pouco tempo consideradas fontes de energia inesgotáveis começam agora a escassear, mas pior que isso estão destruir de forma quase irreparável o ambiente onde vivemos.

Hoje a procura de novas fontes de energia capazes de satisfazer as necessidades energéticas é cada vez maior, é nesta procura constante que cientistas como Carlos Varandas do Instituto Superior Técnico, em Lisboa, vêm trabalhando.

«No dia em que eu conseguir ter um Sol reproduzido de uma forma controlada num laboratório na Terra, terei conseguido desenvolver uma nova tecnologia energética limpa, praticamente inesgotável, segura e amiga do ambiente», afirma Carlos Varandas, Director do Centro de Fusão Nuclear, IST, Lisboa.

A ambição parece imensurável, mas a verdade é que já há projectos em curso e o conhecimento para produzir a energia inesgotável também existe.

«Consiste em pegar em átomos de elementos muito leves, normalmente o hidrogénio e os seus isótopos, o deutério e o trítio e os fazer fundir. Dessa fusão nasce um elemento que tem uma massa menor. Os produtos das reacções perdem massa e esses produtos das reacções que perdem massa, libertam energia. Esta energia vai ser usada, mais uma vez, para aquecer água, transformá-la em vapor de água, fazer mover a turbina e produzir electricidade», explica Carlos Varandas, Director do Centro de Fusão Nuclear, IST, Lisboa.

Energia produzida por fusão nuclear é possível e projectos como o Reactor Experimental Termonuclear Internacional (ITER) vêm nesse sentido. A investigação irá levar algum tempo mas os cientistas estão confiantes que modelos experimentais sustentáveis possam estar a funcionar dentro de três décadas.

Enquanto cientistas de todo o mundo procuram resolver estes e outros problemas vão sendo exploradas outras fontes de energia.

«A fissão nuclear consiste na desintegração de um átomo pesado. Portanto, se nós pegarmos num átomo de urânio, de plutónio, de tório, que são elementos mais pesados que existem na natureza e os fragmentarmos, esses fragmentos vêm animados de energia cinética que vai ser transformada em calor para aquecer a água, para fazer mover as turbinas para produzir electricidade», afirma Carlos Varandas, Director do Centro de Fusão Nuclear, IST, Lisboa.

Muitos países europeus têm vindo a recorrer à energia nuclear, o que não é o caso de Portugal que apenas possui um único reactor nuclear de baixa potência para efeitos de estudo e investigação



instalado no Instituto Tecnológico e Nuclear, em Lisboa.

A produção de energia nuclear pelo actual processo de fissão não é consensual entre a população e os cientistas ainda tem por resolver a questão do designado lixo radioactivo.

«Este problema é um problema sério porque este lixo leva milhares de anos a perder a sua reactividade e, portanto, o Homem está à procura com a 4ª geração de reactores de fissão nuclear (que vai envolver um conceito físico ligeiramente diferente das anteriores), vai procurar resolver este problema do lixo através da reciclagem do lixo no interior do próprio reactor», explica Carlos Varandas, Director do Centro de Fusão Nuclear, IST, Lisboa.

Mas será que mesmo assim a actual produção de energia nuclear é sustentável em vantagens?

«É uma energia muito poderosa, ou seja, eu consigo obter grandes quantidades de energia com pouco combustível, é uma energia barata, é uma energia não criadora de gases de efeito de estufa, é uma energia cujos combustíveis são abundantes», refere Carlos Varandas, Director do Centro de Fusão Nuclear, IST, Lisboa.

Vantagens e desvantagens, um debate cada vez mais actual para o qual Portugal deve estar preparado.

«Portugal deve ter cultura nuclear, deve formar técnicos, deve criar uma organização a nível do Estado para o nuclear e depois quando for tempo oportuno, os políticos terão as condições para decidir», adianta Carlos Varandas, Director do Centro de Fusão Nuclear, IST, Lisboa.

Adaptado de: <http://www.tvciencia.pt/tvctec/pagtec/tvctec03.asp?codtec=40021>

Questões - problema:

- Como resolver o problema energético mundial? Será a energia nuclear a solução?
- Quais os perigos/riscos associados à utilização da energia nuclear convencional, quer em termos ambientais quer para a saúde humana?
- Qual a vantagem, em termos energéticos, da utilização da energia nuclear face a outros combustíveis, nomeadamente combustíveis fósseis?
- Quais as vantagens da fusão nuclear relativamente à fissão (cisão) nuclear?
- A nível económico, será vantajoso optar pela energia nuclear, como solução para o nosso país?



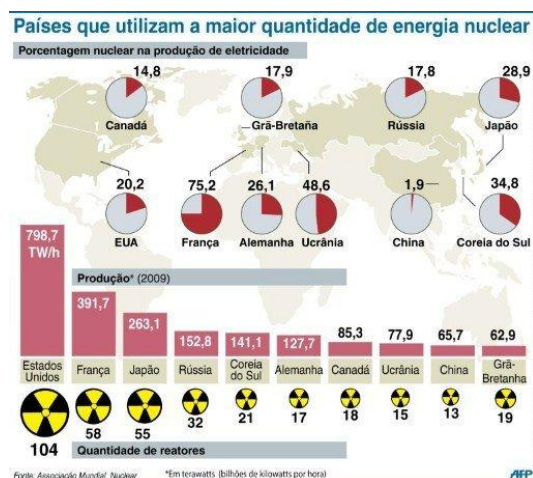
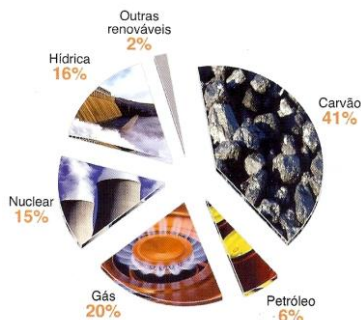
Doc. 6 – O futuro dos reatores nucleares

Reactores nucleares de cisão: presente e futuro

A necessidade inegável de reduzir as emissões de CO₂, bem como diminuir a dependência dos combustíveis fósseis tem levado a um interesse renovado de diversos países pela energia nuclear

ENERGIA NUCLEAR HOJE

Nos reatores nucleares aproveita-se a energia libertada na cisão de núcleos de urânio-235, cerca de 200 MeV, ou 50 milhões de vezes mais energia que a libertada com a formação de uma molécula de CO₂ na combustão. Visto de outro ponto de vista, é necessário a combustão de 18 t de hulha para libertar o mesmo calor que o obtido com a cisão do urânio-235 existente em 1 kg de urânio natural. A energia



nuclear encontra aplicações à escala industrial apenas com base na cisão, dado que a fusão não atingiu ainda o estágio de desenvolvimento. No início de 2008 estavam em funcionamento 346 reatores nucleares nos países da OCDE e estavam em construção 14 novos reatores, dos quais 4 na Europa.

REACTORES NUCLEARES DE 3ª E 4ª GERAÇÃO

A maioria dos reatores atualmente em exploração é da chamada “2ª Geração”, que caracteriza genericamente os reatores que começaram a ser instalados na transição das décadas de 60 para 70.

Na última década começaram a ser instalados alguns reatores da “3ª Geração”.

Os reatores de 3ª Geração têm uma barreira de proteção adicional, que se destina a recolher no interior do próprio edifício um núcleo hipoteticamente danificado num acidente grave, reduzindo assim cerca de 100 vezes a probabilidade de se registarem libertações radioativas para o exterior em caso de acidente. Os reatores de 3ª geração vão dominar o



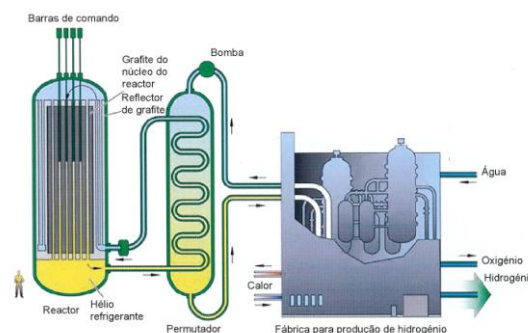
mercado de novos reatores nas próximas 2 ou 3 décadas. Trabalha-se entretanto já na 4ª Geração.

Com os reatores da 4ª Geração esperam-se progressos significativos em:

- **Economia** (risco financeiro comparável com outras formas de produção de eletricidade, custo ao longo da sua vida operacional)
- **Segurança e fiabilidade** (aumento de seguranças passivas, redução significativa da probabilidade de acidentes envolvendo o núcleo do reator);
- **Sustentabilidade** (utilização eficiente de recursos naturais, redução significativa dos resíduos produzidos);
- **Segurança física e não-proliferação** (melhoramento de mecanismos tendentes a evitar quaisquer desvio de materiais para outras aplicações, melhoramento na proteção física a hipotéticos atos de terrorismo).

No leque dos seis projetos em estudo, para além da produção de eletricidade, são igualmente previstas outras aplicações, das quais se destaca:

- **Produção de hidrogénio a altas temperaturas** (800 – 1000°C);
- **Dessalinização de água do mar** – a dessalinização de água do mar já é essencial em alguns países, existindo diversos sistemas acoplados a reatores nucleares desde há diversas décadas
- **Melhor gestão de plutónio e actínídeos** - os reatores a neutrões rápidos permitem “queimar” plutónio e actínídeos, o que permite reduzir, pelo menos uma ordem de grandeza, o tempo necessário para que os resíduos de alta atividade a armazenar em depósito geológico tenham uma rádio-toxicidade comparável à do urânio natural.



As emissões de CO₂ a nível mundial foram de 24 102 Mt em 2002. Sem a contribuição da energia nuclear na geração da energia elétrica teriam sido 26384 Mt, isto é, cerca de 10% mais elevadas. A energia nuclear, por si só, não reduz drasticamente as emissões totais de CO₂, dado que não tem impacto direto, por exemplo no sector dos transportes, mas tem uma contribuição significativa, no sentido preconizado pelas mais recentes políticas ambientais. A possibilidade de produzir hidrogénio a preços competitivos e com emissões de CO₂ muito reduzidas abre a possibilidade da energia nuclear passar a ter um papel significativo no sector dos transportes, onde o vetor hidrogénio terá o seu impacto.

Adaptado de Gazeta da Física, vol. 32, N. 1, pág. 22 – 26



Doc. 7 - Efeitos e perigos da radiação nuclear

Lê atentamente os textos seguintes.

Os efeitos da radiação

Como é que a radiação afeta o corpo humano?



Tudo no universo emite radiação, das bananas às rochas, passando pela própria Terra.

Estamos constantemente expostos a radiação; mas, felizmente, ter contacto com um tipo

e quantidade que nos seja fatal é raro. Na Terra, este nível de radiação é habitualmente gerado apenas por objetos criados pelo Homem, pois, apesar de as fontes do sistema solar, como o Sol, emitirem altos níveis de radiação, esta é bloqueada quase totalmente pelo campo magnético e pela atmosfera do nosso planeta.

A dose de radiação é medida em Sieverts (Sv) e define-se como o equivalente à deposição de um joule de energia de radiação ionizante, de raios x ou radiação gama, por quilograma de tecido do corpo – o que ajuda os cientistas a determinarem o que poderá ser nocivo para um ser humano. Em média, uma pessoa recebe cerca de 0,003 Sv por ano, e o contacto com 1 Sv num curto espaço de tempo pode ser fatal.

A radiação é o resultado de núcleos atómicos instáveis a decaírem e libertarem partículas. O tipo mais perigoso para o ser humano é a radiação ionizante, como os raios x e gama, e as partículas alfa e beta. Também a radiação ultravioleta, que associamos às queimaduras solares, pode ser ionizante. Independentemente da sua origem, a radiação ionizante pode causar cancro e ser fatal se uma dose alta for recebida em pouco tempo. Sendo a radiação emitida por fontes tão diferentes, muitas vezes não sabemos o que é nocivo ou não. O nosso gráfico da página ao lado mostra como diferentes níveis de radiação se comparam e ajuda a afastar o medo da eventual letalidade de baixos níveis de radiação. ⚙



Efeitos da radiação

- 1. Perda de cabelo**
Como as células capilares se dividem a um ritmo acelerado, são as mais vulneráveis à radiação.
- 2. Cérebro**
O edema devido a radiação pode causar problemas temporários de fala, dores de cabeça ou visão dupla.
- 3. Tireoide**
Absorve naturalmente iodo, o que a torna um depósito natural para isótopos radioativos de iodo.
- 4. Sistema sanguíneo**
A regeneração constante dos glóbulos brancos (linfócitos) torna-os ultrasensíveis à radiação.
- 5. Coração**
Válvulas e ventrículos danificados podem gerar endurecimento dos músculos cardíacos e insuficiência cardíaca congestiva.
- 6. Trato gastrointestinal**
É muito sensível à radiação. Danos celulares generalizados podem causar hemorragia interna e morte.
- 7. Trato reprodutivo**
Danos nas células reprodutivas podem gerar mutações no ADN passadas à geração seguinte.

Revista, Quero Saber, Agosto, 2011

Revista Quero Saber, maio, 2011



Perigos da radiação

Quando uma célula viva é exposta a radiação ionizante sofre danos. Se a dose for baixa, a célula pode reparar-se. Doses maiores matam a célula de imediato ou alteram o seu ADN tão significativamente que geram mutações.

A exposição extrema a radiação, como as doses absorvidas por sobreviventes de bombas atómicas, conduz à morte celular generalizada – o envenenamento por radiação. O revestimento intestinal definha, provocando hemorragia interna, ou o sistema nervoso central colapsa – a morte é inevitável em algumas horas.

Doses mais baixas de radiação têm efeitos mais duradouros. Uma célula danificada por radiação ionizante tentará reparar-se, mas podem ocorrer erros, resultando numa sequência de ADN alterada chamada mutação. Por vezes, os genes que controlam a divisão celular são danificados, conduzindo ao aparecimento de tumores cancerosos. Se um feto for exposto, o ADN danificado pode gerar mutações do desenvolvimento, como uma cabeça pequena. Se um adulto for exposto, o ADN nas células reprodutivas pode sofrer mutações que são passadas à geração seguinte.

Mutações potencialmente letais podem formar-se devido ao contacto com radiação.



Revista, Quero Saber, maio, 2011

1. Após a leitura do texto, identifica:

- a) Efeitos os efeitos da radiação ionizante nos seres vivos.
- b) Os tipos de radiação ionizante mais perigosos mencionados no texto.
- c) Como se mede a dose de radiação.
- d) Outras informações no texto que consideres importantes.



Doc. 8 – Características e aplicações da radiação nuclear

Radiação nuclear

É mais conhecida pelo poder de matar, mas também pode curar



A radiação é, em simultâneo, uma bênção e uma maldição. Nas mãos de um clínico experiente, feixes de radiação direcionados podem destruir células cancerígenas e salvar vidas. Mas essa mesma radiação, em doses muito maiores, pode ser catastrófica. Basta lembrar, 25 anos depois, os efeitos perduráveis do desastre de Chernobyl ou a crise que o Japão vive desde que, a 11 de março, sofreu um sismo de magnitude 9,0 e um tsunami que danificaram várias centrais nucleares, sendo o caso mais grave o de Fukushima.

Na verdade, a radiação não é “boa” nem “má”, é uma realidade científica e existe à nossa volta. Mais de 80% da radiação absorvida anualmente pelo corpo humano provém de fontes naturais como o Sol, os minerais terrestres e o rádon, um gás pesado que atravessa o solo. Os outros 20% vêm da exposição periódica a radiação médica (como a dos raios x), produtos de consumo como detetores de fumo e até alimentos. Os níveis normais de exposição a radiação – 360 mrem/ano – não resultam em maiores incidências de cancro ou de outras doenças.

Por definição, a radiação mais não é que uma forma de energia que viaja em ondas ou em partículas. A intensidade da radiação depende da sua posição no espectro eletromagnético. Geralmente, quando falamos da radiação que mata células cancerígenas e alimenta reatores nucleares – e não do tipo emitido por telemóveis e micro-ondas –, referimo-nos a partículas e ondas de energia extremamente elevada chamadas radiação ionizante.

A radiação ionizante deve o nome ao efeito que tem em átomos individuais. Quando uma partícula ou onda de radiação ionizante atinge um átomo, tem energia suficiente para fazer saltar um eletrão da sua camada orbital. Como os eletrões têm carga negativa, o átomo resultante tem uma carga positiva líquida e é chamado de ião. Alguma radiação ionizante é suficientemente forte para atravessar o núcleo de um átomo. Existem três tipos principais de radiação ionizante: partículas alfa, partículas beta e raios gama. As partículas alfa e beta resultam de um processo chamado decaimento radioativo. Nos núcleos dos átomos de elementos pesados e instáveis como o urânio e o rádio há um desequilíbrio entre protões e neutrões. Cada átomo requer uma certa quantidade de protões e neutrões para ser estável. Uma forma estável de chumbo, por exemplo, tem 82

“A radiação não é ‘boa’ nem ‘má’, é uma realidade científica.”

protões e 124 neutrões. O decaimento radioativo é o processo pelo qual os átomos alteram a sua estrutura nuclear a caminho da estabilidade. A meia-vida de um elemento radioativo é o tempo decorrido até que exatamente metade dos seus átomos decaiam para uma forma mais estável.

Os átomos têm diferentes formas de compensar a instabilidade, resultando todas na emissão de radiação ionizante. Se um átomo tiver demasiados protões, por exemplo, emite uma partícula alfa com dois protões e dois neutrões. Reduzindo o número total de ambas as partículas, diminui ligeiramente a proporção de protões no núcleo. As partículas alfa têm massa, carga positiva e transportam energia – embora muito fraca. Um papel é suficiente para bloquear uma partícula alfa. As partículas beta são muito parecidas. Se um átomo tiver demasiados neutrões, pode transformar um neutrão em protão. No processo, é ainda criado um eletrão extra, que se liberta como partícula beta. As partículas beta têm carga negativa e transportam mais energia, mas podem ser detidas por um fino pedaço de alumínio.

Os raios gama não são partículas mas fotões (ondas de luz) de alta energia. Os raios gama são emitidos quando o núcleo de um átomo tem excesso de energia – normalmente, após a emissão de uma partícula beta. Se não for libertada energia suficiente com a criação do eletrão extra, o núcleo emite raios gama – sem massa, sem carga; apenas energia pura – que viajam à velocidade da luz e passam através da maioria dos materiais, incluindo tecido humano. A única barreira eficaz é... muito chumbo. ✨

Quero Saber, maio, 2011



Características dos diferentes tipos de radiação:

Tipos de radiação

As diferenças entre alfa, beta e gama.

A. Decaimento alfa

Elementos pesados e instáveis como o urânio e o rádio emitem partículas alfa – material nuclear com dois prótons e dois nêutrons – para equilibrar o rácio de nêutrons para prótons no núcleo. Ao perder essas partículas, o átomo “decaído” torna-se um novo elemento com um novo número atômico. As partículas alfa são suficientemente fracas para serem detidas por papel.

B. Decaimento beta

Ocorre em átomos instáveis quando um nêutron se transforma em um próton, emitindo um elétron no processo. O elétron solto é uma partícula beta (β^-) cuja energia e momento são partilhados por um nêutron sem massa (ν). Visto que o átomo perde um nêutron e ganha um próton, decai para um elemento diferente. As partículas beta podem ser detidas por seis milímetros de alumínio.

C. Decaimento gama

Os raios gama são fótons de alta energia sem massa ou carga, mas de grande potência. A energia vem do comprimento de onda exponencialmente curto do fóton, medido em minúsculas frações de nanômetros. Os raios gama são emitidos após o decaimento beta, se o núcleo transformado tiver energia para libertar. O chumbo é a única barreira eficaz contra os raios gama.

“As partículas alfa são suficientemente fracas para serem detidas por uma folha de papel.”

Papel

Alumínio

Chumbo

Revista Quero Saber, maio, 2011



Doc. 9 – Aplicações da radioatividade na vida quotidiana

ALGUMAS APLICAÇÕES DA RADIOACTIVIDADE

Datação da Terra e em Arqueologia

Grande parte dos radioisótopos naturais, ao desintegrarem-se, originam outros núclídeos diferentes (núclídeos descendentes), também eles radioactivos, os quais, por sua vez, se vão desintegrando até formarem um núclídeo estável.

Ora, grande parte dos radioisótopos naturais mais pesados, como o urânio, o tório e o rádio, já existiam quando a Terra se formou.

Ao longo dos séculos, foram desintegrando-se, dando origem a outros radioisótopos e, por fim, ao chumbo, elemento mais estável.

Ao analisar o teor em urânio e em chumbo nas mais velhas rochas da Terra, bem como nos meteoritos, permitiu estabelecer a idade da Terra (cerca de 4,45 mil milhões de anos) e do sistema Solar (cerca de 4,55 mil milhões de anos).

Também na determinação da idade dos fósseis se utilizam radioisótopos como o árgon-40 ($^{40}_{18}\text{Ar}$) e o carbono-14 ($^{14}_6\text{C}$), sendo este último mais conhecido.

O carbono-14 está incorporado no dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera, sendo absorvido pelos tecidos vegetais e, posteriormente, pelos tecidos animais. Por essa razão, todos os organismos vivos têm uma pequena quantidade de carbono-14.

Depois do organismo morrer já não pode incorporar carbono-14 e o existente vai decaindo, reduzindo-se sucessivamente por metades, a uma velocidade conhecida. Por isso, quanto mais velho é o fóssil, menor é a quantidade de carbono-14 que possui. Medindo a quantidade deste radioisótopo no fóssil e comparando-a com a quantidade normal de tecidos vivos, pode saber-se o tempo que decorreu entre a morte do ser vivo e o tempo presente.

Na Bioquímica

Também no estudo dos processos biológicos o uso de radioisótopos permitiu progressos assinaláveis.

A produção de radioisótopos de fraca actividade radiante, de elementos como o hidrogénio, o carbono, o fósforo, etc., permitiu a “marcação” de moléculas biológicas.

Estas moléculas (como, por exemplo, a de CO_2 e a de H_2O) são assimiladas pelos organismos vivos e esses átomos marcados, presentes nas moléculas, podem ser localizados nas células e nos tecidos vivos, devido à sua actividade radiante.

É possível, assim, “visualizar” os processos bioquímicos celulares em que estes átomos intervêm, o que permite conhecer cada vez mais e melhor os mecanismos biológicos



Na Medicina

Desde finais do século XIX, inícios do século XX, depois de ter sido descoberta a radioactividade, que se começou a usar o rádio com fins terapêuticos, nomeadamente na irradiação de tumores – processo terapêutico denominado radioterapia.

A técnica era imprecisa e, a par da destruição das células tumorais, também eram destruídas células sãs.

Após a Segunda Guerra Mundial, os progressos técnicos possibilitariam a produção de radioisótopos artificiais, como o cobalto-60, o irídio-192, entre outros, que passaram a ser utilizados com maior precisão e eficácia na destruição de tumores.

Hoje em dia já existem radioisótopos que podem ser administrados aos doentes sob a forma de soluções e até de comprimidos. É o caso do iodo-125, do iodo-131, do fósforo-32, do estrôncio-89, etc.

Estes radioisótopos são ingeridos, disseminando-se pelo organismo, fixando-se preferencialmente nas células tumorais, irradiando-as e destruindo-as, processo que constitui uma espécie de radioterapia interna.

Além do uso terapêutico, os radioisótopos são também usados com fins de diagnóstico. Neste caso, permitem verificar o funcionamento de alguns órgãos e detetar tumores e outras anomalias.

Alguns exemplos de uso de radioisótopos em diagnóstico médico:

- ❖ os **radioisótopos de ferro**, que fixam a hemoglobina produzida na medula óssea, permitem avaliar a sua capacidade produtiva quanto aos glóbulos vermelhos do sangue;
- ❖ o **iodo-131** fixado na glândula tiróide, possibilita o estudo do funcionamento desta glândula e a existência de nódulos existentes
- ❖ o **tecnécio-99** usado em exames ao esqueleto, ao coração e aos pulmões (permite detetar embolias pulmonares);
- ❖ o **tálio-201** usado na deteção de problemas cardíacos

Adaptado Jogo de Partículas A, Texto Editores, 10º ano, pág. 71-72

Na Agricultura

Recorre-se à esterilização de insectos machos, por irradiação, para controlar as epidemias de insectos e lutar contra eles sem recorrer ao uso de pesticidas.

Física, 12º ano, Edições ASA, 2005



ANEXO D - Debate



Ficha de Preparação para o Debate

Energia nuclear, radiação nuclear: potencialidades e riscos

“Otto Hahn descobriu em 1939 a cisão nuclear, isto é, a quebra do núcleo em pedaços, libertando uma formidável quantidade de energia. Mas, assim como Rutherford, não antecipou que, passados 6 anos, haveria uma nova e terrível arma baseada na energia nuclear que terminaria com a Segunda Guerra Mundial. Foi com o fim dessa guerra que o medo do nuclear começou a sua longa marcha que ainda hoje prossegue.

Mas o medo do nuclear foi imediatamente seguido pela esperança. Esperança obviamente de paz a seguir à guerra que tinha devastado quase todo mundo. E a esperança também na produção pacífica de energia. E esperança ainda no diagnóstico e cura de doenças, pois tornaram-se cada vez mais nítidas as possibilidades do nuclear no domínio da medicina. Para já não falar num sem número de outras utilidades da física nuclear, nas quais se incluem, por exemplo, as aplicações à arqueologia e a análise de obras de arte.”

Nova Física Divertida, Carlos Fiolhais, Gradiva

Imagina que fazes parte de um grupo de trabalho constituído por elementos de vários sectores da sociedade: **político, investigador/cientista, ambientalista, médico/profissional de saúde e estudante/cidadão comum.**

Este grupo de trabalho pretende debater a situação energética mundial e em Portugal, a possibilidade de instalar uma central nuclear em Portugal, vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear, outras aplicações do nuclear, efeitos da radiação nos seres vivos, fontes naturais e artificiais de radiação.

Vamos ao trabalho.....

- Escolhe o elemento da sociedade com que mais te identificas. Esse será o elemento que irás representar no debate.
- De acordo com o elemento da sociedade que pretendes representar, efetua uma pesquisa sobre os temas a debater.



Político

- Impacto económico da instalação de uma central nuclear no nosso país.
- Vantagens e desvantagens em termos sociais decorrentes da instalação de uma central nuclear.
- Impacto ambiental para o país devido à utilização de energia nuclear.



**Cientista/
investigador**

- O que é a radioactividade.
- Efeitos da radiação nos seres vivos.
- Fontes naturais e artificiais de radiação.
- Aplicações da energia nuclear e da radiação em diversos sectores.
- Desafios colocados à ciência para minimizar os efeitos negativos da radiação nuclear e aumentar as suas aplicações.



Ambientalista

- Efeitos da radioactividade nos seres vivos.
- Riscos para o ambiente decorrentes da utilização da energia nuclear.
- Radiação natural em Portugal.



**Médico /
profissional de saúde**

- Aplicações da radiação nuclear na medicina:
 - Diagnóstico médico
 - Tratamento clínico
 - Esterilização de equipamento médico
- Riscos associados à utilização de radiação nuclear quer em diagnóstico e tratamento médico, quer por exposição a outras fontes.



**Estudante / cidadão
comum**

- Aplicações úteis da radiação nuclear na saúde, na agricultura, na indústria, na arqueologia, etc.
- Fontes de radiação a que um cidadão comum poderá estar exposto ao longo da sua vida;
- Impacto económico, ambiental e social da utilização da energia nuclear.

Fontes para o trabalho:

- Textos de apoio:
 - Reatores nucleares de cisão: presente e futuro
 - Aplicações da radiação nuclear
- Energia nuclear e o meio ambiente: <http://energianuclear.naturlink.pt/indice.htm>
- Energia nuclear: <http://energianuclear.fdp.com.br/>
- O problema energético: <http://elektron.no.sapo.pt/energia.htm>
- MOCHO: http://www.mocho.pt/Ciencias/Quimica/cienciaquimicaquimica_nuclear/

Bom Trabalho



ANEXO E - Grelha de Avaliação do Debate



Grelha de avaliação do debate: Energia nuclear, radioatividade suas aplicações e consequências⁸

Parâmetros de avaliação	Nome do aluno					
Atitudinal	Responsabilização pelo papel a desempenhar					
	Preparação do debate					
	Gestão do tempo					
	Respeito pelos outros					
	Participação oral					
Comunicação	Correção do discurso					
	Articulação entre os elementos do grupo					
	Clareza e objetividade					
	Capacidade de suscitar interesse					
	Facilidade de apresentação da informação					
Conhecimento	Capacidade de analisar as informações dadas por grupos					
	Correção das informações apresentadas					
	Correção científica					
	Justificação da argumentação					

⁸ Foi usada uma grelha para cada uma dos grupos de participantes



ANEXO F – Questões da avaliação formal



Teste de Avaliação de 29 de Novembro de 2011

1ª Parte

1. Leia atentamente o texto seguinte:

Após o Big Bang e logo que a matéria arrefeceu o suficiente, os protões - os núcleos dos átomos de hidrogénio - condensaram-se cerca de um milionésimo de segundo após o nascimento do tempo e do espaço.

Aproximadamente dois milhões de anos depois, formaram-se as estrelas, nas quais as reações nucleares originaram elementos, como o oxigénio e o carbono.

O oxigénio é o terceiro elemento mais abundante do Universo - embora muito menos abundante do que o hidrogénio e o hélio, os quais, por terem nascido do Big Bang, constituem quase todo o tecido do Universo.

Ball, P., H₂O Uma biografia da água, Temas e Debates, 1999 (adaptado)

- 1.1. Selecione com base no texto, a única alternativa que corresponde a uma afirmação **correta**

- (A) Os primeiros elementos que se formaram foram o hidrogénio e o oxigénio.
- (B) A formação do universo resultou da explosão de uma estrela maciça.
- (C) Após o Big Bang, a temperatura do Universo tem vindo a aumentar.
- (D) Há um instante inicial para a contagem do tempo e a criação do espaço.

- 1.2. Selecione a única alternativa que refere a **substituição correta de X**, de modo que a equação seguinte represente uma reação nuclear que ocorre nas estrelas.



(A) ${}^1_1\text{H}$

(B) ${}^2_1\text{H}$

(C) ${}^3_2\text{He}$

(D) ${}^1_0\text{n}$

- 1.3. Os fenómenos nucleares, dadas as suas características, podem ser utilizados em diferentes contextos. Mencione duas aplicações destes fenómenos.

- 1.4. Distinga reações de fusão e fissão nuclear, referindo as características dos dois tipos de reação

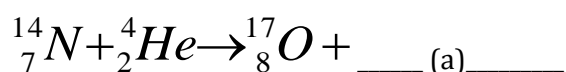


Teste de avaliação de 08 de Março de 2012

1. As reações nucleares e as reações químicas podem ocorrer na Natureza, sem intervenção humana.

1.1. Indique a diferença entre reações químicas e reações nucleares.

1.2. Considere a reação nuclear a seguir representada.



1.2.1. Selecciona a opção que permite substituir a letra (a) de forma a completar corretamente a equação representada.

- A) 1_1H B) 1_0n C) 4_2He D) 2_1H

1.2.2. Indique se se trata de uma reação de fissão ou fusão nuclear. Justifique.

1.3. Indique duas aplicações vantajosas de reações nucleares.



ANEXO G - Outros documentos aplicados nas aulas

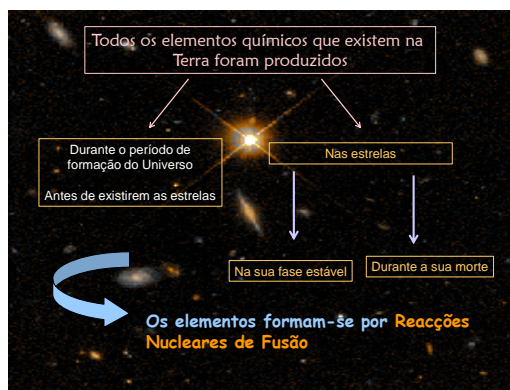
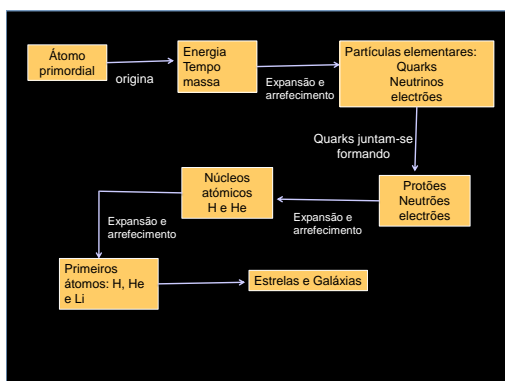
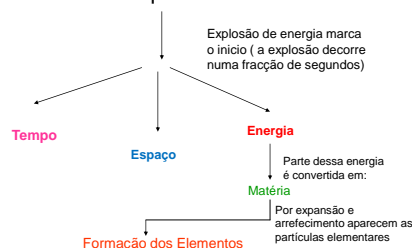


1) Apresentação: reações nucleares



“Átomo primordial” (nome dado por Lemaitre)

Corpo superdenso e extremamente quente



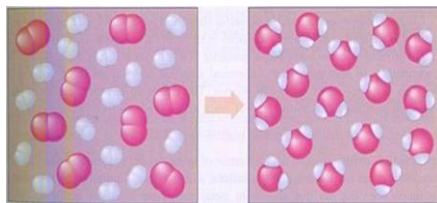
Reacções químicas



- Os núcleos dos átomos não se alteram;
- Os elementos químicos do sistema reaccional mantêm-se;
- Apenas existe alteração das unidades estruturais do sistema reaccional;
- Os isótopos reagem do mesmo modo;
- A variação da massa não é detectável;
- Envolvem energias entre 10 e 10³ kJ;



REACÇÕES QUÍMICAS

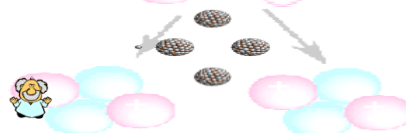


Oxigénio e Hidrogénio reagem e formam o produto água



O que é uma reacção nuclear?

Reacção nuclear é qualquer reacção em que ocorra modificação de um ou mais núcleos atómicos.



Reacções nucleares

- Os núcleos dos átomos são alterados;
- Há transformação de elementos químicos noutros diferentes;
- Os isótopos reagem de forma diferente;
- Há variação significativa de massa;
- Envolvem valores de energia da ordem dos 10^8 kJ;

As Reacções Nucleares:

- descrevem a conversão de núcleos atómicos envolvendo o rearranjo de prótons e neutrões;
- Põem em jogo valores de energia muito elevados e envolvem inúmeras partículas como **quarks, prótons, neutrões, electrões, positrões, neutrinos, partículas α , assim como, a emissão de radiação γ .**



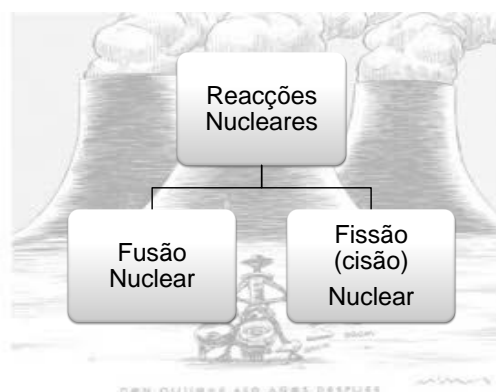
Nas reacções nucleares, deve verificar-se:

🌐 **Lei da conservação dos nucleões** – a soma dos números de massa, A, deve ser igual nos reagentes e nos produtos

🌐 **Conservação da carga total** – a soma dos número atómicos deve ser igual nos reagentes e nos produtos

➡ Nestas reacções há conservação do número de massa (A) e do número atómico (Z)

Partícula	Símbolo	Notação ${}^A_ZX^q$
Protão	p	${}^1_1\text{p}$ ou ${}^1_1\text{H}$
Neutrão	n	${}^1_0\text{n}$
Electrão	e^- ou β^-	${}^0_{-1}e^-$ ou ${}^0_{-1}\beta^-$
Positrão	e^+ ou β^+	${}^0_{+1}e^+$ ou ${}^0_{+1}\beta^+$
Neutrino	ν	${}^0_0\nu$





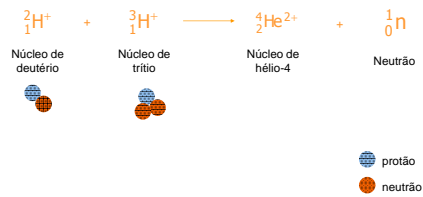
Reacções de Fusão Nuclear

Reacções em que núcleos atômicos mais pequenos (menor Z) e mais instáveis se juntam (fundem) produzindo núcleos maiores, mas mais estáveis, com libertação de grandes quantidades de energia.

As reacções de fusão nuclear só ocorrem a temperaturas muito elevadas.



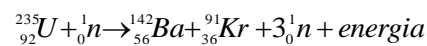
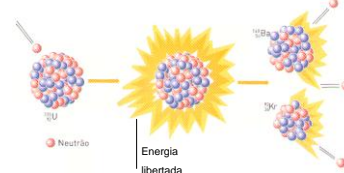
Uma reacção de fusão nuclear



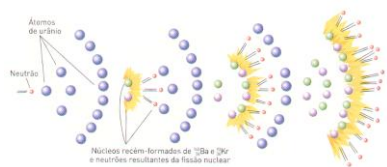
Reacções de Fissão Nuclear

Núcleos mais pesados e instáveis dividem-se formando núcleos mais "leves" e estáveis com libertação de neutrões. Estes processos libertam grandes quantidades de energia.

Esquema de uma reacção de fissão nuclear

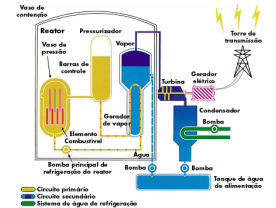


REACÇÃO NUCLEAR DE FISSÃO EM CADEIA



Uma reacção em cadeia envolvendo 1 kg de urânio-235 produz mais energia do que 2 milhões de kg de carvão!

Diagrama de fluxo de um reactor nuclear



Chernobil



Central Nuclear nos Estados Unidos

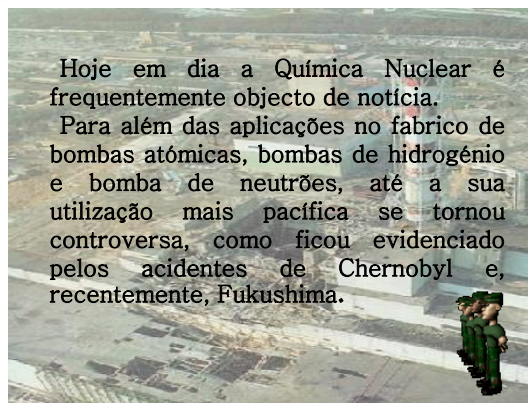
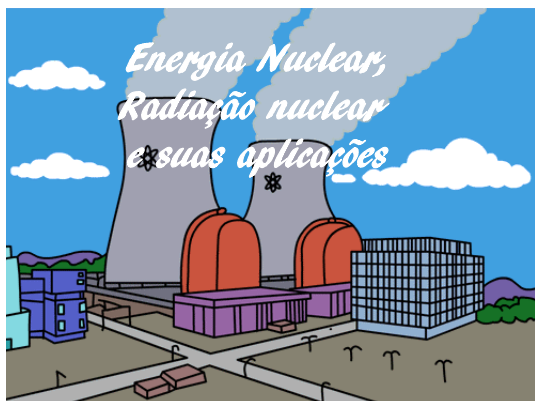
Utilização das Reacções Nucleares

Aspectos positivos	Aspectos negativos
<ul style="list-style-type: none">➢ O combustível é barato➢ É a fonte mais concentrada para geração de energia;➢ O resíduo é o mais compacto de todas as fontes;➢ Base científica extensiva para todo o ciclo;➢ Fácil de transportar como novo combustível➢ Nenhum efeito estufa ou chuva ácida.	<ul style="list-style-type: none">➢ É a fonte de maior custo por causa dos sistemas de emergência, de contenção, de resíduo radioactivo e de armazenamento;➢ Requer uma solução a longo prazo para os resíduos armazenados em alto nível na maioria dos países➢ Proliferação nuclear potencial.





2) Apresentação para preparação para o debate



Hoje em dia a Química Nuclear é frequentemente objecto de notícia.

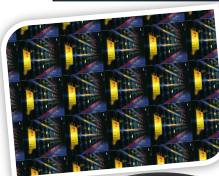
Para além das aplicações no fabrico de bombas atómicas, bombas de hidrogénio e bomba de neutrões, até a sua utilização mais pacífica se tornou controversa, como ficou evidenciado pelos acidentes de Chernobyl e, recentemente, Fukushima.

Uma fonte global de energia
A energia nuclear fornece 15 % da electricidade mundial .
Esta energia vem dos 436 reactores em funcionamento em todo o mundo

O caso francês
Em França, 59 reactores fornecem 76 % da electricidade consumida. No Reino Unido, os 24 reactores existentes fornecem apenas 19 % da electricidade.

Nos mares
Existem cerca de 150 navios, desde enormes submarinos, a gigantescos porta-aviões, propulsionados por reactores nucleares.

Um Grande Problema



O LIXO ATÓMICO



ONU diz que levará dois anos para avaliar a gravidade do acidente nuclear no Japão



O mundo demorará pelo menos dois anos para conhecer em profundidade os efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente causados pelas **emissões radioactivas** do acidente na central nuclear de Fukushima, no Japão. A afirmação partiu do Comité Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atómica (UNSCEAR) nesta quarta-feira (6) em Viena, na Áustria.

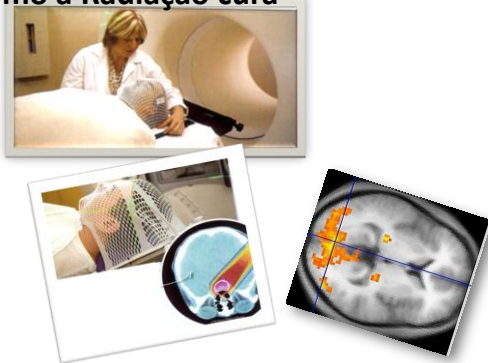


Perigos da Radiação

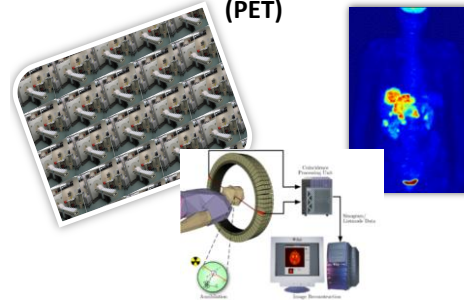




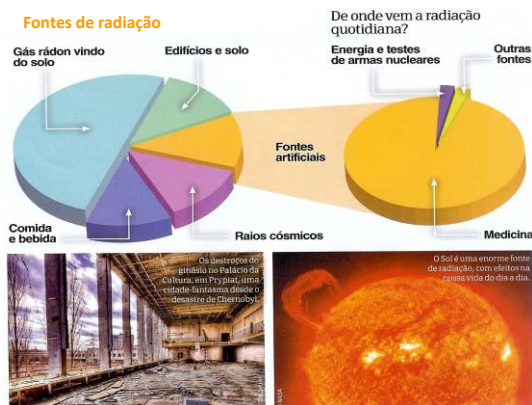
Como a Radiação cura



Tomografia por Emissão de Positrões (PET)

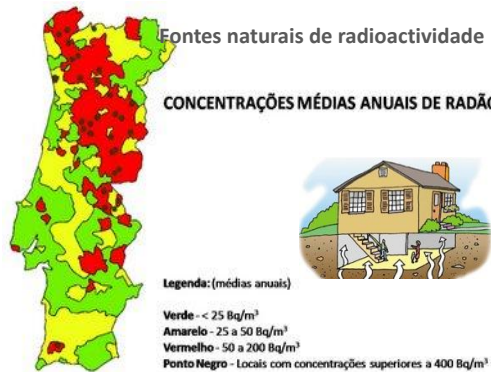


Fontes de radiação



Fontes naturais de radioatividade

CONCENTRAÇÕES MÉDIAS ANUAIS DE RADÃO



Fontes Naturais e artificiais de radioatividade

